

# *Elektrotechnik und Maschinenbau*

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN  
VERBANDES FÜR ELEKTROTECHNIK  
Hauptleiter: H. SEQUENZ UND F. SMOLA, WIEN SPRINGER-VERLAG, WIEN

Jahrgang

Wien, 1. Februar 1960

Heft 3, Seite 45—68

## ROCKENSTROMWANDLER

FÜR NENNSTRÖME  
VON 5 BIS 800 A

Ein- oder Zweikernausführung  
TYPE WI 104 für 10 kV  
TYPE WI 106 für 20 kV  
TYPE WI 107 für 30 kV

Hohe dielektrische und mecha-  
nische Festigkeit

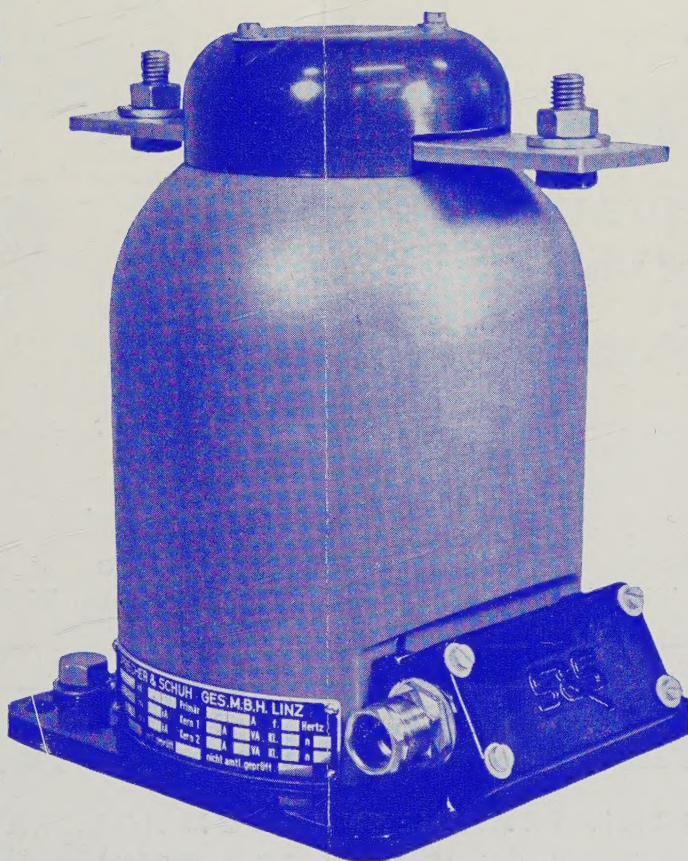
Niedrige Bauhöhe

Montagemöglichkeit in jeder  
Lage

Beständigkeit gegen chemische  
Einflüsse

Unbrennbarkeit

Weitestgehende Unempfind-  
lichkeit gegen äußere Einflüsse  
und Bruchgefahr



SPRECHER  
**S&S**  
& SCHUH

FABRIK ELEKTRISCHER APPARATE  
**SPRECHER & SCHUH**  
GESELLSCHAFT M. B. H., LINZ, FRANCKSTR. 51





## DELTALASTIC - Dispersionsdrahtlack

die moderne Kupferdrahtisolierung auf wässriger Kunststoffbasis für Lackdrähte mit hohen mechanischen Eigenschaften und Tränkmittelfestigkeit gegen alle üblichen Tränklacke

**EWALD DÖRKEN AG.**

Abt. Elektroisolierlacke

Herdecke/Ruhr, Deutschland



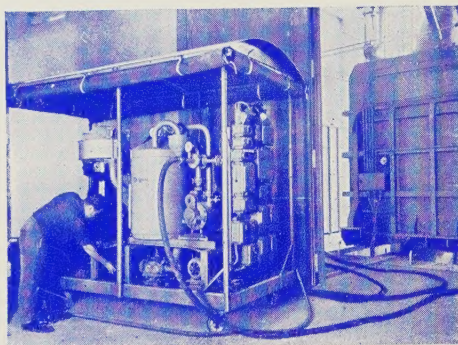
## Hochvakuum-Separatoren-Aggregate

für universelle Isolierölbehandlung



## Separatoren-Aggregate

für die Reinigung von Schmier- und Reglerölen



Transportables De Laval Hochvakuum-Separatoren-aggregat bei der Konservierung eines 45 MVA-Öltransformators

Ein Qualitätsbegriff auf der ganzen Welt

Bitte verlangen Sie unsere neuen Sonderbroschüren!

AKTIENGESELLSCHAFT

**ALFA-LAVAL**

INDUSTRIEABTEILUNG

WIEN XII, WIENERBERGSTRASSE 31, TEL. 54 46 11

## HOLZSCHUTZ DURCH IMPFSTICHVERFAHREN

**NACHIMPRÄGNIERUNG VON HOLZMASTEN**

Verlängerung der Lebensdauer um mindestens 15 Jahre

**VOLLIMPRÄGNIERUNG VON ROHMASTEN**

auf jedem Lagerplatz

**IMPRÄGNIERUNG VON HOLZ ALLER ART**

**IMPREGNA, HOLZIMPRÄGNIERUNGSGES. M. B. H.**

WIEN VII, MUSEUMSTRASSE 3 / TEL. 44 83 92



## Der Einsatz von Atomkraftwerken in Österreich<sup>1)</sup>

Von W. KUNZ, Wien

DK 621.311.25 (436) : 338 : 621.039.577

Wenn man von seiten der Elektrizitätsversorgungsunternehmen darangeht, über den Einsatz eines Atomkraftwerkes in Österreich nachzudenken, so scheint es mir, daß aus der Vielzahl der Gesichtspunkte drei Punkte für diesen Einsatz maßgeblich bestimmend sind:

1. Aus der Analyse des früheren bzw. zukünftigen Energieverbrauches einerseits und der entsprechenden Energieerzeugung andererseits muß durch Extrapolation der Einsatzzeitpunkt X vorausbestimmt werden.

2. Der Einsatz eines Atomkraftwerkes ist nur dann zu rechtfertigen, wenn er zum Zeitpunkt X wirtschaftlich vertretbar ist.

3. Entscheidend wird der Einsatz dadurch beeinflußt, wie sicher das Atomkraftwerk arbeitet und welche Betriebserfahrungen bereits mit dem ausgewählten Typ vorliegen.

Gestatten Sie mir nun, diese drei Punkte etwas ausführlicher zu behandeln:

Die bisherige und voraussichtliche Entwicklung der österreichischen Energieerzeugung und -versorgung kann etwa wie folgt charakterisiert werden:

Die Analyse der gesamten Stromerzeugung in Österreich aus den Jahren 1946...1957 zeigt, daß etwa 25% der Gesamterzeugung von kalorischen Kraftwerken herrühren. Der Rest wurde im genannten Zeitraum aus hydraulischen Anlagen gewonnen. Was hingegen den Stromverbrauch betrifft, so zeigt z. B. die Entwicklung aus den Jahren 1953...1957, daß etwa 33% des Strombedarfes durch thermisch erzeugte Elektrizität befriedigt wurden. Hierbei wurden die Importe im kalorischen Anteil berücksichtigt.

Analysiert man den gesamten Energieverbrauch von 1950...1957, so hat dieser pro Jahr um etwa 7% zugenommen, während hingegen die mittlere jährliche Zunahme des Elektrizitätsverbrauches im gleichen Zeitraum etwa 10,3% betrug.

Die Steigerung des Elektrizitätsverbrauches war also fast um die Hälfte größer als die des gesamten Energiebedarfes. Beide Zunahmeraten liegen über dem internationalen Durchschnitt. Nach diesem internationalen Durchschnitt nimmt man an, daß sich der Stromverbrauch in zehn Jahren etwa verdoppeln wird. Dies entspricht einer jährlichen Erhöhung um rund 7,2%.

Dies waren die Entwicklungstendenzen, wie sie aus der Analyse der vorhandenen Angaben ableitbar sind. Man muß nun versuchen, auf Grund dieser Tatsachen die Weiterentwicklung für die nächsten Jahre abzuschätzen. Für die Vorausschätzung der Entwicklung werden verschiedene Methoden verwendet und ich möchte mir erlauben, nur das Resultat anzugeben,

nämlich, daß man Grund zur Annahme hatte, daß sich der Stromverbrauch in der Zeit von 1958...1967 ebenfalls verdoppeln wird.

Die Jahre 1958 und 1959 zum Teil haben aber gezeigt, daß die vorausgeschätzten Verbrauchszahlen nicht erreicht wurden. Das Jahr 1958 hat im Verbrauch nur eine sechsprozentige Steigerung gebracht. Es bleibt abzuwarten, ob dies eine einmalige Erscheinung ist oder ob die Vorausschätzungen revidiert werden müssen.

Wenn wir bei der Annahme verbleiben, daß sich der Energieverbrauch in zehn Jahren verdoppeln wird, so sehen wir, daß wir für die nächsten zehn Jahre auch unsere thermische Kapazität an Kraftwerken verdoppeln müssen. Betrachten wir den geplanten Ausbau an Wärmekraftwerken, so können wir auf Grund der günstigen Kreditlage und auf Grund der klugen Finanzpolitik der Verbundgesellschaft damit rechnen, daß bis zum Jahre 1963 530 MW aus Wärmekraftwerken zusätzlich zur Verfügung stehen werden. Es handelt sich hierbei um folgende thermische Kraftwerke:

1959:	110,0 MW St. Andrä II	Erweiterung
	10,5 MW Fernheizkraftwerk Arsenal	Erweiterung
	8,5 MW Fernheizkraftwerk Wels	Neuanlage
	50,0 MW Korneuburg (2 Gasturbinen)	Neuanlage
1960/61:	25,0 MW Korneuburg (Abhitzeanlage)	Neuanlage
1961/62:	77,0 MW Korneuburg (Dampfturbinen)	Neuanlage
	60,0 MW Timelkam	Erweiterung
	60,0 MW Simmering	Erweiterung
1962:	130,0 MW Zeltweg	Neuanlage

Durch diese Bauvorhaben ist das Ziel, unsere Dampfkapazität zu verdoppeln, bereits erreicht, und auf dem Wärmesektor kann man zur Zeit eher von einem Voreilen unseres Ausbaues sprechen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß mit dem Ausbau von thermischen Kraftwerken der Ausbau der Wasserkraft selbstverständlich Hand in Hand geht. Da wir bisher nur etwa 28% unserer gesamten österreichischen Wasserkräfte ausgebaut haben, so verfügen wir über genügend große Reserven, an deren weiteren Ausbau in erster Linie gedacht werden muß.

Bezüglich des Einsatzes eines Atomkraftwerkes und seiner Gleichwertigkeit mit einer anderen konventionellen Kraftwerkstypen vertritt man zur Zeit die Auffassung, daß ein Atomkraftwerk als Äquivalent für ein kalorisches Kraftwerk anzusehen ist.

Berücksichtigt man die dargelegten Punkte, so kann man daher von seiten des Energiezuwachses und des Energieausbaues nur eines mit Sicherheit sagen:

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag, der am 25. Mai 1959 in der Vortragsreihe „Fragen der Gewinnung und Verwendung der Atomenergie“, veranstaltet vom Atomenergieausschuß der Technischen Hochschule Wien, gehalten wurde.



Bis zum Jahre 1963 benötigen wir in Österreich auf keinen Fall ein Atomkraftwerk. Ist die Annahme richtig, daß ein Atomkraftwerk ein Äquivalent eines kalorischen Kraftwerkes ist, und ist es richtig, daß wir beim Bau der kalorischen Kraftwerke mit der tatsächlichen Verbrauchssteigerung Schritt halten, so wird der Einsatz eines Atomkraftwerkes in Österreich von diesen Gesichtspunkten aus erst im Zeitraum ab 1967 diskutabel. Es muß hier besonders betont werden, daß dieser Zeitpunkt 1967 unter keinen Umständen als Fixpunkt verwendet werden kann, sondern nur ein „geschätzter“ Zeitpunkt ist. Wenn man nämlich die Entwicklung der letzten beiden Jahre mehr berücksichtigt als die Entwicklungstendenz von 1950–1957, und annimmt, daß die Entwicklung in diesem Sinne weitergeht, so ist eher mit einer Verschiebung in Richtung auf einen späteren Zeitpunkt zu rechnen.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines Atomkraftwerkes muß für unsere ganzen Überlegungen der Umstand maßgebend sein, daß zu dem Zeitpunkt, zu dem

gibt und gab es immer die größten Meinungsverschiedenheiten. Auch dann, wenn man so objektiv wie nur möglich sein will, bleiben diese ganzen Abschätzungen eben nur Abschätzungen, da zur Zeit bei den Berechnungen immer wieder eine große Anzahl von schwer erfaßlichen Unbekannten auftritt. Es bleibt daher kein anderer Weg, als durch Vergleich die Grenzen, in denen die Kosten wahrscheinlich liegen, zu ermitteln. Auch hier möchte ich diesen Weg gehen und werde eine Reihe von Investitionskosten bzw. Atom-kWh-Kosten einander gegenüberstellen.

Drei Quellen verwende ich, um den Kostenvergleich durchführen bzw. belegen zu können:

1. Italien hat vor nicht allzulanger Zeit ein Atomkraftwerk ausgeschrieben und auf diese Ausschreibung eine Reihe von konkreten Angeboten erhalten. Nach Eingang dieser Angebote hat der Auftraggeber gemeinsam mit der Weltbank ein internationales Konsortium beauftragt, die von den Firmen angegebenen Preise und Kosten nachzurechnen und untereinander so abzu-

Tabelle I. Investitionskosten für Atomkraftwerke und konventionelle Kraftwerke in öS/kWh

	Type	MWe	Atomkraftwerke		Konventionelle Kraftwerke		
		MW <sub>th</sub>	nach Weltbankbericht	nach OEEC-Tagung in Stresa	Dampfkraftwerk	Laufwasserwerk	Speicherwerk
Westinghouse (USA)	PWR	148 553	10 530	9 880	4 000	9 000 bis 12 000	8 000 bis 12 000
Babcock und Wilcox (USA)	PWR	146 534	10 530				
Mitchel (GB) und American Machine Faundry (USA)	PWR	140 510	11 440				
International General Electric (USA)	BWR	150 508	9 750	7 410			
Atomic International (USA)	OMR	150 555	8 580	6 950			
G. E. C. (GB)	GGR	149 566	12 220	11 770			
English Electric (GB)	GGR	150 552	15 600				
A E I J. Thompson (GB)	GGR	151 549	15 340				
Francatomic (Frankreich)	GGR	170 700	13 260				

der Einsatz eines Atomkraftwerkes als Energielieferant geplant ist, die Atom-kWh-Gestehungskosten mit den Kosten konkurrenzfähig sind, die zu diesem Zeitpunkt für konventionelle Kraftwerke gelten. Ob wir ab dem Zeitpunkt X mit einem wesentlichen Neubau von kalorischen Kraftwerken auf der Basis österreichischer kalorischer Energieträger rechnen werden können, ist aller Voraussicht nach zu verneinen, so daß man wahrscheinlich nur kalorische Kraftwerke auf der Basis importierter Brennstoffe zum Vergleich heranziehen wird können.

Bezüglich der Gestehungskosten für die Atom-kWh

stimmen, daß sie von gleichen Voraussetzungen ausgehen. Diesen Angaben ist nun meiner Meinung nach ein besonderes Gewicht beizumessen, denn es ist das erste Mal, daß Reaktor anbietende Firmen gezwungen wurden, wirkliche, zum Teil garantierte Preise zu veröffentlichen. Dies gilt umsomehr, als nur auf Grund „wirklicher“ Preise die Vergebung dieses Auftrages zu erwarten war.

2. Im Mai dieses Jahres fand in Stresa eine von der OEEC einberufene Kernenergietagung statt, bei der über die Atom-kWh-Preise bzw. über die Investi-



tionskosten für Atomkraftwerke ausführlich berichtet wurde.

3. Ende 1957 haben die „3 Weisen“ LOUIS ARMAND, FRANZ ETZEL und FRANCESCO GIORDANI im Auftrag der Euratom-Länder eine Kostenstudie durchgeführt.

In Tabelle I sind die Investitionskosten für Atomkraftwerke der verschiedenen Typen den Investitionskosten für konventionelle Kraftwerke gegenübergestellt. Die Investitionskosten sind in öS/installiertes kWe angegeben. Um Irrtümern vorzubeugen, muß besonders darauf verwiesen werden, daß die Investitionskosten für ein Speicherwerk bei der Berechnung der Stromkosten aus einem solchen Werk ganz anders eingehen, da für diese Kraftwerkstypen nur mit einer jährlichen Betriebsstundenzahl bis zu 2 000 h zu rechnen ist. Daher sind diese Investitionskosten anders zu werten. Die in der Tabelle I angeführten Abkürzungen bedeuten: PWR — Druckwasserreaktor, BWR — Siedewasser-

gleich angeführt. Es sind die beiden Fälle unterschieden, bei denen der Brennstoff einmal S 90,—, das andere Mal S 65,— pro 10<sup>6</sup> kcal kostet.

Aus der Tabelle II sieht man wohl eindeutig, daß beim heutigen Stand der Technik die Atom-kWh-Kosten effektiv noch höher liegen als die Kosten der kWh aus konventionellen Kraftwerken.

Für ein Elektrizitätsversorgungsunternehmen ist es aber wichtig, daß es die Kosten nicht für den heutigen Zeitpunkt kennt, sondern aus der Preisentwicklung versucht, einen Trend festzustellen, wie sich die Atom-kWh-Kosten verändern könnten. Das Endziel ist es, sagen zu können, daß zum Zeitpunkt X die Atom-kWh-Kosten wahrscheinlich so und so hoch sein werden.

Wenn man die verschiedenen Möglichkeiten abschätzt, die zu einer spürbaren Erniedrigung sowohl der Investitionskosten als auch der Atom-kWh-Kosten führen könnten, so möchte ich Ihnen vor allem die Meinung von Herrn Dir. HINTERMAYER übermitteln, die

Tabelle II. Vergleich zwischen Atom-kWh- und konventionellen kWh-Kosten in g

	Atomkraftwerke					Dampfkraftwerk Brennstoff 90 S/10 <sup>6</sup> kcal	Dampfkraftwerk Brennstoff 65 S/10 <sup>6</sup> kcal		
	Type	nach Weltbankbericht	nach OEEC-Tagung in Stresa	nach Euratombericht	nach Vorprojekten				
Westinghouse (USA)	PWR	37,0	42,9 <sup>1)</sup> bis 32,5 <sup>2)</sup>	29,4 bis 36,7	≤ 30	32,0	25,5		
Babcock und Wilcox (USA)	PWR	39,7			—				
Mitchell (GB) American Machine Foundry (USA)	PWR	41,5			—				
International General Electric (USA)	BWR	36,4		27,3 bis 34,1	≤ 30				
Atomics International (USA)	OMR	37,7	33,1	—	24 bis 26				
General Electric Co. (GB)	GGR	38,9	42,7	28,1 bis 35,4	18				
English Electric (GB)		46,1							
A E I J. Thompson (GB)		46,0							
Francatomic (Frankreich)		45,0						—	—

1) Wenn das ganze Atomkraftwerk in Amerika hergestellt wird.  
2) Wenn mehr als 70% des Atomkraftwerkes in Deutschland hergestellt werden.

reaktor, OMR — organisch moderierter Reaktor und GGR — gasgekühlter mit Graphit moderierter Reaktor der Calderhall-Type.  
Verwendet man die in Tabelle I angeführten Investitionskosten und nimmt man weiter an, daß das 150-MWe-Atomkraftwerk mit einem Belastungsfaktor von 80% bei 15% Jahreskosten arbeitet, so erhält man die in Tabelle II angeführten Atom-kWh-Kosten. In dieser Tabelle sind auch die kWh-Kosten für konventionelle moderne 150-MWe-Dampfkraftwerke zum Ver-

gleich auf Grund seiner sechswöchigen Amerikareise gebildet hat. Zu glauben, daß die Kraftwerke Nr. 3, 4, 5, 6 usw., die bei einer Firma bestellt werden, immer billiger werden, ist nicht stichhältig, denn die Annahme, daß der Anteil der Entwicklungskosten mit der größer werdenden Zahl der hergestellten Kraftwerke immer geringer wird, trifft vor allem für amerikanische Verhältnisse nicht zu. Die derzeit von den amerikanischen Lieferfirmen genannten Kosten beziehen sich nur auf die tatsächlichen Fertigungskosten, denn die Entwick-



lungskosten werden zur Gänze vom amerikanischen Staat getragen. Von dieser Seite also eine spürbare Erniedrigung der Preise zu erwarten, dürfte keine allzu große Berechtigung haben. Eine gewisse Erniedrigung insbesondere der amerikanischen Kosten ist aus der Möglichkeit abzuleiten, große Teile des Gesamtkraftwerksprojektes in Mitteleuropa herzustellen. Hier könnte nämlich der Preisunterschied zwischen der amerikanischen und der europäischen Arbeitsstunde kostensenkend wirken. Inwieweit Verbesserungen der technologischen Fabrikationsprozesse, die Einführung von gewissen Normenteilen in der Atomtechnik, die Vereinheitlichung der Wiederaufbereitung der Brennstoffelemente, die tatsächliche Marktbildung für Plutonium,  $^{235}\text{U}$  bzw.  $^{233}\text{U}$  eine einschneidende Erniedrigung bewirken können, möchte ich mich nicht getrauen, vorauszusagen. Es besteht allerdings begründete Aussicht, daß von dieser Seite eine Senkung der Atom-kWh-Kosten zu erwarten ist.

Die Erfolgsaussichten der einzelnen Reaktortypen können vom heutigen Standpunkt etwa wie folgt angenommen werden: In Amerika glaubt man, daß Atomkraftwerke mit einem Siedewasserreaktor bzw. einem organisch moderierten Reaktor als Kraftquelle die relativ besten Zukunftsaussichten besitzen, wobei aber eingeräumt werden muß, daß diese beiden Typen nicht zu den avantgardistischen Modellen gehören. Von kanadischer, russischer und z. T. auch westdeutscher Seite glaubt man, dem Druckröhrenreaktor gute Erfolgsaussichten zuschreiben zu können. Die nukleare Überhitzung dürfte für alle drei Reaktorarten etwa gleichwertige Verbesserungsmöglichkeiten bringen. Der Calderhall-Typ scheint im Augenblick insbesondere wegen seiner hohen Anlagekosten etwas ins Hintertreffen gelangt zu sein. Vom Druckwasserreaktor kann man nur sagen, daß ab 100 MWe dieser Reaktor so viele technologische Fertigungsprobleme mit sich bringt, daß man z. Z. schwer an eine glatte wirtschaftliche Realisation glauben kann.

Abschließend möchte ich zu diesem Kapitel sagen: Es besteht begründete Aussicht, daß die Atomenergie in den nächsten 8...12 Jahren mit der konventionellen Energie konkurrieren wird können. Daß aber zu diesem Zeitpunkt die Atomenergie bedeutend wirtschaftlicher als die konventionelle Energie sein wird, ist heute kaum zu beweisen.

Darf ich nun zum letzten Punkt meiner Überlegungen übergehen, nämlich zu den Fragen, die mit der Betriebssicherheit und Betriebserfahrung in Atomkraftwerken zusammenhängen.

Es ist ganz verständlich und eigentlich eine Grundforderung für die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, daß, wenn sie einmal ein Atomkraftwerk bestellen, demjenigen Atomkraftwerk der Vorrang gegeben werden muß, welches schon eine längere Zeit unfallfrei als Stromlieferant gearbeitet hat.

Alle Fragen, die mit der Sicherheit eines Reaktors zusammenhängen, bedürfen eines eingehenden und sorgfältigen Studiums. Zwei Probleme erscheinen mir hier besonders erwähnenswert: 1. Sicherheit des Reaktorbetriebes und 2. Sicherheit des Reaktorstandplatzes.

Für die erstere ist in der Hauptsache der Reaktorbauer verantwortlich. Da alle Firmen die sich langsam einbürgernden, international gültigen Normen auf die-

sem Gebiet anerkennen, scheint es mir, daß a priori alles getan wird, damit der Reaktor sicher arbeitet.

Was die Sicherheit eines Standortes eines Atomkraftwerkes betrifft, dafür ist der zukünftige Eigentümer und Betreiber des Atomkraftwerkes zuständig und verantwortlich. Darf ich hier aus der Vielzahl der Probleme nur einige aufzählen: Obwohl das Kühlwasser für ein Atomkraftwerk (bei einem 150-MWe-Kraftwerk mit Frischwasserkühlung benötigt man etwa  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ ) schon aus konstruktiven Gründen kaum radioaktiv werden kann, muß ein verantwortungsbewußter Auftraggeber trotzdem vorher schon alle Möglichkeiten untersucht haben, wohin dieses Wasser gelangen könnte. Eine weitverzweigte Bestandsaufnahme der unterirdischen Kommunikationsmöglichkeiten ist daher unerlässlich. Die meteorologischen Bedingungen für den Standort müssen über eine sehr lange Zeit bekannt sein, denn nur auf Grund dieser Daten ist es möglich, abzuschätzen, welche radioaktiven Verunreinigungen bei einem eventuellen Reaktorunfall die verschiedenen Geländepunkte in der Umgebung des Kraftwerkes erreichen können. Hierzu gehört auch, daß man die genaue Bevölkerungsverteilung um das Kraftwerk kennt, damit man eventuelle Evakuierungsmaßnahmen schlagartig durchführen kann. Unumgänglich notwendig ist es auch, einlangjähriges Mittel hinsichtlich der natürlichen Radioaktivität der Umgebung des Atomkraftwerkes zu kennen, um vor allem für die Land- und Viehwirtschaft nach Inbetriebnahme des Kraftwerkes einen Bezugspunkt zu haben.

Aus diesen nur wenigen Beispielen ersieht man, daß die Auswahl für den Standort eines Atomkraftwerkes viel mehr Zeit und Geld kostet als die Auswahl eines Standortes für ein konventionelles Kraftwerk. Die Sicherheitsprobleme und die Betriebserfahrung mit Atomkraftwerken stellten jedes Elektrizitätsversorgungsunternehmen vor ein weiteres, sehr schwieriges Problem; es muß nämlich alles getan werden, daß zum Zeitpunkt X der das Atomkraftwerk Betreibende ein genügend großes, gut ausgebildetes Fachpersonal besitzt, so daß zusätzlich zu all der im Atomkraftwerk eingebauten Sicherheitsautomatik nicht von seiten des Betriebspersonals eine Unsicherheitsquelle hereingetragen wird. Es ist daher bereits in der nächsten Zukunft anzustreben, daß die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die sich mit dem Gedanken tragen, ein Atomkraftwerk in Betrieb zu nehmen, die Grundlage für ein geeignetes Stammpersonal schaffen. Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß die Ausbildung des Personals z. Z. zum größten Teil nur im Auslande erfolgen kann und für die Elektrizitätsversorgungsunternehmen eine beträchtliche finanzielle Belastung darstellt. Eine verantwortungsbewußte Führung eines Elektrizitätsversorgungsunternehmens weiß aber, daß sie dies der Betriebssicherheit schuldig ist.

Abschließend zu diesem dritten Punkt meiner Überlegungen kann ich nur sagen, daß hier von seiten der Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden muß, denn trotz aller Wirtschaftlichkeitsüberlegungen muß die Forderung der Sicherheit des Reaktorbetriebes an erste Stelle gestellt werden, denn im nachhinein den Schaden zu beheben, fällt gerade bei einer radioaktiven Verseuchung nicht leicht.



## Der Schalttransduktor als Bauelement des Dreipunktreglers

Von E. HAYEK, Wien

DK 621.316.7:621.318.435.3

Für industrielle Regelungen werden häufig Regler benötigt, bei welchen auf extrem hohe Regelgeschwindigkeiten verzichtet werden kann, und zwar deshalb, weil die erforderlichen Stellglieder selbst mit verhältnismäßig großen Trägheiten behaftet sind. Dagegen werden Konstruktionen bevorzugt, welche eine große Lebensdauer und hohe Betriebssicherheit gewährleisten, um Produktionsausfälle möglichst zu vermeiden. Hier stellt der Schalttransduktor ein ideales Bauelement eines Dreipunktreglers dar. Er ist robust aufgebaut, arbeitet wartungsfrei und hat eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Außerdem ist er lage- und erschütterungsunempfindlich.

Mit dem in der Folge beschriebenen Transduktor-Schnellregler können die verschiedensten Regel-, Steuer- und Überwachungsaufgaben gelöst werden. Es muß sich dabei nicht immer um elektrische Größen handeln, es muß nur möglich sein, sie in solche umzuwandeln. Um diese Umwandlung durchführen zu können, benötigt man zur Lösung mancher Regelprobleme sogenannte Meßzusätze, welche so gebaut sein müssen, daß sie einen Gleichstrom abgeben, der dem Eingangswert nach Größe und Phasenlage proportional ist.

Der Meßzusatz kann auch eine Brückenschaltung von spannungs-, temperatur- oder zugabhängigen Widerständen sein.

Im Regler ist jeder Stellrichtung ein Schalttransduktor mit nachgeschaltetem Relais zugeordnet. Ein Schalttransduktor entsteht übrigens aus einem spannungssteuernden, durchflutungsgesteuerten Transduktor durch eine entsprechende Rückkopplung. Durch diese wird die Steuerkennlinie eines solchen Transduktors so steil, daß er bistabiles Verhalten aufweist. Es sind daher nur die beiden Stellungen *Ein* und *Aus* möglich, er arbeitet also wie ein Schalter. Die Kippcharakteristik der Steuerkennlinie bringt dabei den Vorteil, daß das Verhältnis Ansprechwert zu Abfallwert unabhängig von den Relaiseigenschaften zu 1 wird. Dadurch können sich aber auch mechanische oder elektrische Veränderungen des Relais nicht auf die Regelgenauigkeit auswirken. Es können robuste Relais mit außerordentlich großer Lebensdauer verwendet werden. Das plötzliche Aufkippen des Transduktors bringt weiters die für einen Regler außerordentlich wichtige Eigenschaft, daß es nie zu einem „schleichenden“ Ansprechen des Relais kommen kann.

Eine wesentliche Aufgabe des Reglers besteht darin, bei kleinen nur kurzzeitig auftretenden Regelabweichungen nicht anzusprechen. Kurzzeitige kleine Regelabweichungen treten erfahrungsgemäß sehr häufig auf und würden zu einem dauernden Ansprechen des Reglers führen, was die Lebensdauer der Anlage erheblich verkürzen würde. Handelt es sich dagegen um eine bleibende, wenn auch kleine Regelabweichung, so soll sie durch den Regelvorgang wieder ausgeglichen werden. Große Regelabweichungen sind meist nicht von kurzer Dauer und sollen daher möglichst rasch be-

seitigt werden. Wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, erfüllt der Transduktor-Schnellregler diese Bedingungen durch sein natürliches Zeitverhalten in idealer Weise. In der

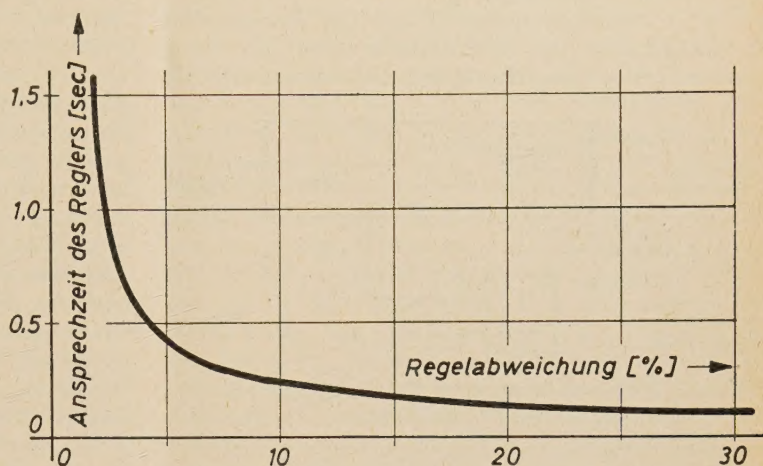


Abb. 1. Ansprechzeit des Transduktor-Schnellreglers als Funktion der Regelabweichung

Kurve ist die Ansprechzeit des Reglers als Funktion der Regelabweichung dargestellt.

Neben dem günstigen Zeitverhalten bieten die beiden Schalttransduktoren zufolge ihrer außerordentlich steilen Steuerkennlinie die Möglichkeit, der oberen bzw. unteren Toleranzgrenze einen Schwellwert zuzuordnen. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, arbeiten die beiden

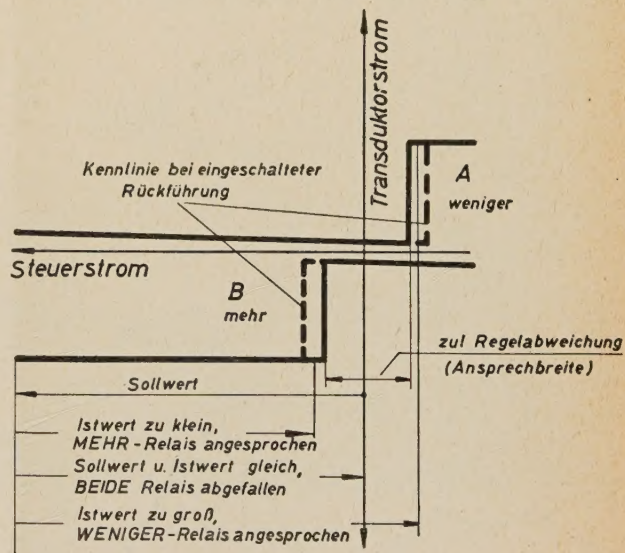


Abb. 2. Kennlinienverlauf der beiden Schalt-Transduktoren. Die Steuerströme zur Einstellung der Arbeitspunkte sind nicht eingezeichnet

Schalttransduktoren in Gegentaktschaltung, wobei die Arbeitspunkte so eingestellt sind, daß jeweils einer bei der unteren, der andere bei der oberen Grenze der zulässigen Regelabweichung öffnet und das entsprechende Relais zum Ansprechen bringt. Der eingezeichnete Soll- bzw. Istwertstrom wird zwei verschiedenen Steuerwicklungen gegenpolig zugeführt. Liegt keine Regelabweichung vor, so besitzt der Sollwertstrom die gleiche



Größe wie der Istwertstrom, beide Schalttransduktoren sind geschlossen. Überschreitet der Istwertstrom die obere Toleranzgrenze, so kippt der Schalttransduktor A auf, wodurch das Stellglied den Befehl „weniger“ bekommt. Beim Unterschreiten der unteren Toleranzgrenze wird analog durch den Schalttransduktor B das Signal „mehr“ weitergegeben.

Die dynamischen Eigenschaften des Reglers und die Bedingungen des Reglerkreises sollen an Hand eines einfachen Beispiels erläutert werden (Abb. 3).

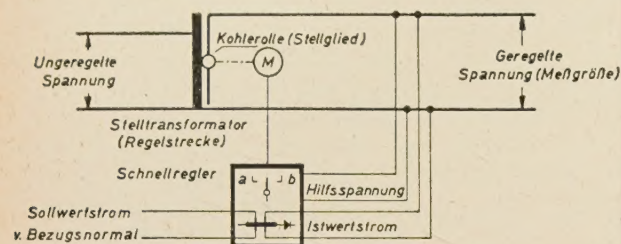


Abb. 3. Prinzipschaltung einer Spannungsregelung mit Transduktor-Schnellregler

Als Regelstrecke wird hier ein Stell-Transformator verwendet, welcher die Aufgabe hat, unabhängig von Netzspannungsschwankungen eine konstante Ausgangsspannung abzugeben. Die Wicklung dieses Transformators kann durch verstellbare Kohlerollen — das Stellglied — abgegriffen werden. Die konstant zu haltende Ausgangsspannung — die Regelgröße — wird im Transduktor mit einer Normalspannung — dem Sollwert — verglichen. Weicht die Ausgangsspannung durch irgendeinen Einfluß — eine Störgröße — vom Sollwert ab, so veranlaßt der Transduktor mit Hilfe eines Relais, daß der Stellmotor M sich rechts oder links drehend in Bewegung setzt und das Stellglied über ein zwischengeschaltetes Getriebe solange verstellt, bis sich der Istwert der Ausgangsspannung wieder innerhalb der zulässigen Regelabweichung befindet.

Bei praktischen Lösungen ist der Regelvorgang nicht ganz so einfach. Es muß dabei berücksichtigt werden, daß

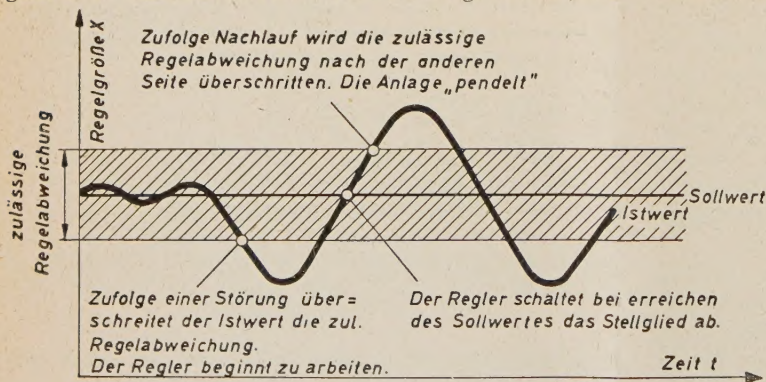


Abb. 4. Regelvorgang ohne Rückführung

viele Regelkreise mit Nachlauf-Erscheinungen behaftet sind. Im vorliegenden Falle würde der Motor nach dem Abschalten nicht sofort stehen bleiben, sondern er wird sich zufolge der noch vorhandenen kinetischen Energie

so lange weiterdrehen, bis er durch die Reibung zum Stillstand kommt. Durch dieses Nachlaufen der Anlage kann die zulässige Regelabweichung nach der anderen Seite hin überschritten werden (Abb. 4). Der Regler würde daher den Motor in umgekehrter Richtung einschalten usw., die Regelanlage würde dauernd um den Sollwert pendeln und unter Umständen nie zur Ruhe kommen, wenn nicht zufolge einer sehr großen inneren Reibung die Schwingungsamplitude langsam abklingt. Dies ist im allgemeinen nur bei sehr kleinen Stellgeschwindigkeiten der Fall. Für große Stellgeschwindigkeiten muß man daher die Auslaufzeit des Motors verringern, d. h. ihn künstlich abbremsen. Handelt es sich bei dem Stellmotor um einen Wechselstrom-Kurzschlußläufer, so wird unmittelbar nach dem Ausschalten kurzzeitig Gleichstrom durch seine Wicklung geschickt. Bei Gleichstrom-Motoren wird bei eingeschaltetem Erregerfeld der Anker über einen Bremswiderstand kurzgeschlossen. In beiden Fällen bewirkt der Bremsgleichstrom eine sehr schnelle, stoßfreie und, was für den Regelkreis sehr wichtig ist, eine außerordentlich gleichmäßige Bremsung des Motors, weil eine Änderung durch Abnutzung nicht eintreten kann.

Obwohl durch eine derartige Bremsung die Regelgeschwindigkeit schon wesentlich größer werden kann,

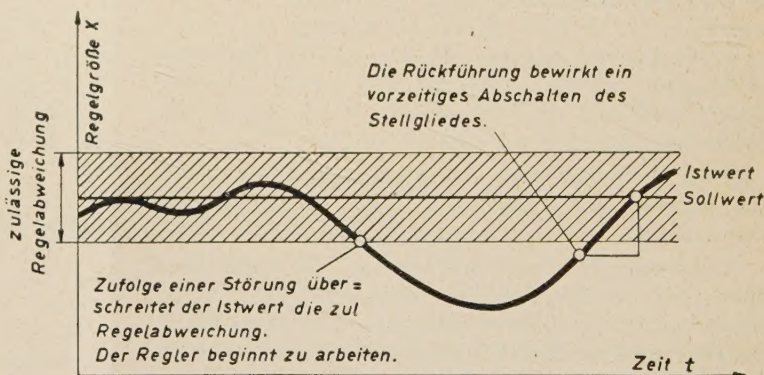


Abb. 5. Regelvorgang mit Rückführung

wird man bei einer maximalen Regelabweichung von 1% nur eine Regelgeschwindigkeit von einigen Prozenten pro Sekunde erreichen. Man muß dabei bedenken, daß bei noch so rascher Bremsung des Motors, dieser seinen Befehl um die — wenn auch kleine — Eigenverzögerung des Reglers zu spät bekommt.

Diese unerwünschte Erscheinung kann man durch den Einbau einer Rückführung (Vorhalt) beseitigen. Dabei täuscht man der Meßeinrichtung des Schnellreglers vor, daß die Störung schon beseitigt sei, bevor dies tatsächlich der Fall ist. Macht man diese Rückführung gerade so groß, daß der Stellmotor genau bei Erreichen des Sollwertes zum Stillstand kommt, so hat man dadurch eine vollkommen pendelfreie Regelung erreicht (Abb. 5). Nachdem der Regelvorgang nicht in beiden Stellrichtungen gleich sein muß (z. B. Einfluß der Erdschwere), ist im Transduktor-Schnellregler eine getrennte Anpassung für jede Stellrichtung vorgesehen.

Den beiden Schalttransduktoren unseres Schnellreglers kann diese Rückführung in einfacher Weise



über zwei weitere Steuerwicklungen in Sperrichtung zugeführt werden. Dies entspricht einer Kennlinienverschiebung, wie sie in Abb. 2 strichliert eingezeichnet ist. Die Rückführung ist im Ruhezustand ausgeschaltet, jeder Transduktor bringt sich durch sein nachgeschaltetes Relais seine Rückführung selbst. Man erkennt nun leicht, daß der jeweilige Schalttransduktor um den Betrag der Rückführung früher gesperrt, d. h. das Stellglied, wie in Abb. 5 gezeigt, früher abgeschaltet wird, wodurch man die gewünschte Stabilität erhält.

Es wäre nun der Gedanke naheliegend, die Rückführung so weit zu vergrößern, daß der Stellmotor auch ohne Bremsung bei Erreichen des Sollwertes gerade zum Stillstand kommt. Dagegen spricht aber folgendes: Nachdem der Stellmotor in diesem Falle nur durch seine innere Reibung zum Stillstand kommt, und diese Reibung sehr veränderlich ist, würde die Rückführung ständig neu eingestellt werden müssen. Mit anderen Worten, die Stabilität einer solchen Anlage würde sehr unsicher sein, und man erkennt, wie wichtig die Bremsung des Stellgliedes und vor allem auch die Gleichmäßigkeit der Bremsung sind. Es liegt aber noch ein anderer Grund vor, der eine kräftige Bremsung erforderlich macht. Dazu ein Beispiel: der Auslaufweg eines ungebremsten Stellgliedes würde z. B. einer Meßgröße von 4% entsprechen. Die zulässige Regelabweichung sei mit  $\pm 1\%$  festgelegt. Der Einfachheit halber sei angenommen, daß das Stellglied innerhalb der Reaktionszeit des Reglers seine volle Geschwindigkeit erreichen kann. Wenn nun eine Störung auftritt, welche die zulässige Regelabweichung knapp überschreitet und den Regler gerade zum Ansprechen bringt, so wird eine noch so große Rückführung das Stellglied bereits zu spät abschalten, weil es mit dem oben angenommenen Auslaufweg von 4% erst nach einer Überschreitung des Sollwertes um 3% zum Stillstand kommt. Der Regler gibt also wieder ein Gegenkommando und die Anlage kommt ins Pendeln. Man erkennt daraus, daß eine stabile Regelung nur dann möglich ist, wenn der Bremsweg gleich oder kleiner ist als jener Weg, welcher der Entfernung zwischen positiver und negativer Regelabweichung entspricht. Dies gilt allerdings nur unter Vernachlässigung der Anlaufzeit. Bei einer größeren Anlaufzeit ist auch ein größerer Bremsweg zulässig. Umgekehrt kann es bei einem Bremsweg, der im Verhältnis zur Anlaufzeit zu kurz ist, dazu kommen, daß bei einer kleinen Überschreitung der zulässigen Regelabweichung die Störung erst nach zwei Regelschritten beseitigt wird.

Abb. 6 zeigt die praktische Ausführung eines Transduktor-Schnellreglers. Er enthält alle Stueerelemente, die im Regelkreis notwendig sind, um einen genauen und stabilen Regelvorgang zu ermöglichen. Auch in der praktischen Anwendung erweist sich der Schalttransduktor als ein außerordentlich anpassungsfähiges Bauelement. Durch die galvanisch getrennten Steuerwicklungen ist eine rückwirkungsfreie Aufschaltung der Meß- bzw. Rückführgrößen möglich. Der Transduktorkern ist mit hoch permeablen U-Kernblechen geschichtet, wodurch eine erstaunlich hohe Empfindlichkeit erreicht

werden konnte. Ein Einstellregler ermöglicht die feinfühligkeit Einstellung der Ansprechbreite. Zwei weitere dienen dazu, die getrennte Justierung der Rückführung für die beiden Stellrichtungen zu ermöglichen. Es ist übrigens außerordentlich einfach, die Rückführung durch einfache Beobachtung des Stellgliedes richtig einzustellen. Und zwar zeigt es sich, daß bei zu kleiner Rückführung das Stellglied um seinen Sollwert pendelt, bei zu großer Rückführung wird der Sollwert erst nach mehreren Regelschritten erreicht. Der zur Bremsung des Stellgliedes erforderliche Bremsimpuls kann ebenfalls dem Regler entnommen werden. Die Impulsdauer beträgt dabei etwa 200 ms, wodurch die für die Bremsung erforderlichen Gleichrichter- bzw. Belastungswiderstände entsprechend klein dimensioniert werden können. In manchen Fällen kann es vorkommen, daß der Istwert der Regelgröße einen veränderlichen Wert besitzt. Es ist dann unter Umständen nicht möglich, der Rückführung eine konstante Größe zuzuordnen. Auch hier bietet der Transduktor-Schnellregler die Möglichkeit, die Größe der Rückführung der Führungsgröße entsprechend zu verändern. Dazu ein Beispiel: bei der in Abb. 3 gezeigten Anlage soll die geregelte Ausgangsspannung im Verhältnis 1 : 4 verändert werden können. Die Regelgenauigkeit soll immer  $\pm 2\%$  der jeweils eingestellten Spannung sein. Der Sollwertstrom wird mit 10 mA gewählt, die Ansprechbreite muß für die geforderte Regelgenauigkeit mit 0,4 mA eingestellt werden. Nachdem die Regelgenauigkeit nicht verändert werden soll, muß diese Einstellung auf jeden Fall erhalten bleiben. Wird dagegen der Istwertstrom über ein Ein-

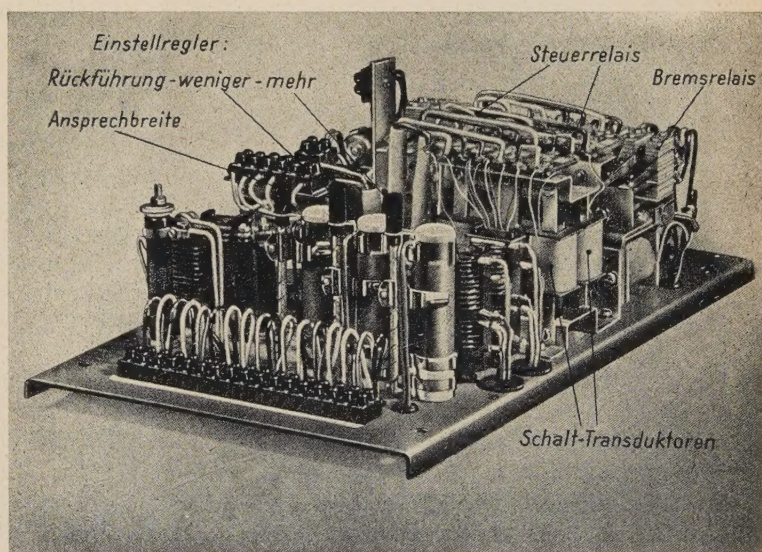


Abb. 6. Transduktor-Schnellregler ohne Gehäuse

stell-Potentiometer von der Ausgangsspannung abgenommen, so bleibt die Reglereinstellung unabhängig vom Spannungsteilverhältnis dieses Potentiometers erhalten. Die geforderte Verstellbarkeit der Ausgangsspannung ist dabei gegeben, wenn das Spannungsteilverhältnis von 1 : 1 bis 1 : 4 verändert werden kann. Es sei nun angenommen, daß in der Potentiometer-Stellung 1 : 4 die Ausgangsspannung 200 V beträgt. Zwangsläufig wird dann bei einer solchen von 1 : 1 eine Spannung von 50 V eingeregelt. Der geforderten maximalen Regelabweichung von  $\pm 2\%$  entsprechen



nun verschiedene Windungszahlen und damit verschiedene Weglängen am Stelltransformator. Bei 1 V Windungsspannung desselben entsprechen ihr im gewählten Beispiel bei 200 V vier Windungen und bei 50 V eine Windung. Diese beiden Fälle können unter Umständen nicht mit der gleichen Rückführung stabilisiert werden. Wird die Rückführung so eingestellt, daß die Anlage bei 200 V stabil arbeitet, so ist sie für 50 V zu klein und es kann zu einem Überspringen bzw. Pendeln kommen. Wird die Rückführung andererseits so vergrößert, daß bei 50 V ein stabiles Arbeiten erreicht wird, so ist sie bei 200 V zu groß und es kann zu einem Aus-

regeln nach mehreren Regelschritten kommen. In solchen Fällen wird es notwendig sein, die Rückführung gleichlaufend mit dem Istwert-Potentiometer zu verändern, und zwar dermaßen, daß bei der großen Ausgangsspannung die Rückführung einen kleinen Wert besitzt, und umgekehrt.

Wie man sieht, ist bei der Lösung solcher, relativ einfacher Regelvorgänge eine Fülle von Einzelvorgängen zu beachten. Der Transduktor-Schnellregler besitzt trotz seiner Robustheit und Einfachheit die Anpassungsfähigkeit, um bei großer Stabilität eine Regelgenauigkeit von  $\pm 0,5\%$  ohne weiteres zu erreichen.

## Krämer-Kaskade mit Trockengleichrichtern

Von J. BEN URI, Y. WALLACH und E. EILATH, Haifa

DK 621.313.333.062.4 : 621.314.63

### 1) Einleitung

Der Asynchronmotor ist die billigste und die meistverbreitete elektrische Maschine, aber sein großer Nachteil ist seine schlechte Drehzahlregelung. In den meisten Fällen ist der verlangte Regelbereich ungefähr  $30 \dots 40\%$  und dann ist der Ward-Leonard-Antrieb zu teuer.

Im Jahre 1904 hat KRÄMER [1] eine Kaskade vorgeschlagen, die später auch ziemlich oft benutzt wurde [2] ... [7]. Abb. 1 zeigt die Schaltung dieser Kaskade, die auch Kraemer-Kaskade genannt wird. Die Schlupf-

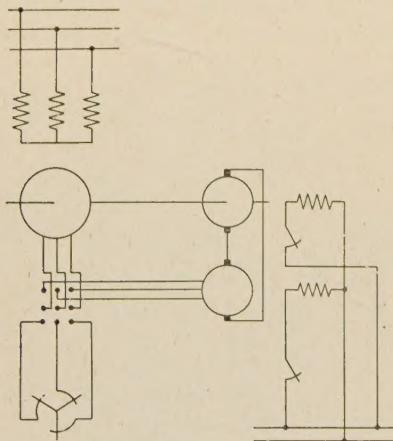


Abb. 1

EMK wird in einem Umformer gleichgerichtet und speist einen Gleichstrommotor, der auf derselben Welle mit dem Asynchronmotor sitzt, beide dienen als Antrieb für die Betriebsmaschine. Die gleichgerichtete Schlupfspannung

$$U_2 = k \cdot E_{20} \cdot s_0 \quad (1)$$

muß für den Leerlauf gleich der EMK der Gleichstrommaschine sein, d. h.

$$k \cdot E_{20} \cdot s_0 = C \cdot \Phi \cdot n \quad (2)$$

und daher

$$\frac{n_0}{n} = \frac{E_{20}}{E_{20} + k \cdot C \cdot \Phi \cdot n_1} \quad (2a)$$

Hierbei bedeuten

$k$  — Spannungsgleichrichtungsfaktor des Umformers,

$C$  — Feldkonstante der Gleichstrommaschine,

$\Phi$  — Feldfluß der Gleichstrommaschine,

$n_1$  — synchrone Drehzahl des Asynchronmotors,

$n_0$  — Leerlaufdrehzahl der Kaskade.

Die Leerlaufdrehzahl der Kaskade hängt also vom Feldfluß  $\Phi$  der Gleichstrommaschine ab, d. h. sie kann mittels des Feldstroms geregelt werden.

Es ist auch bekannt, daß der Gleichstrommotor klein ausfällt, da seine Leistung

$$P_g = s_0 \cdot P_m \quad (3)$$

ist, wobei  $P_m$  die totale mechanische verlangte Leistung bedeutet. Wird also ein Regelbereich von  $30\%$  verlangt, so wird die Gleichstrommaschine nur ungefähr mit  $35 \dots 40\%$  bemessen werden müssen.

Ungünstig an dieser Kaskade ist der Umformer, trotzdem wird sie ziemlich oft benutzt. Die Bedienung ist etwas umständlich und daher bevorzugen manche Ingenieure den teureren, aber einfacheren Ward-Leonard-Antrieb.

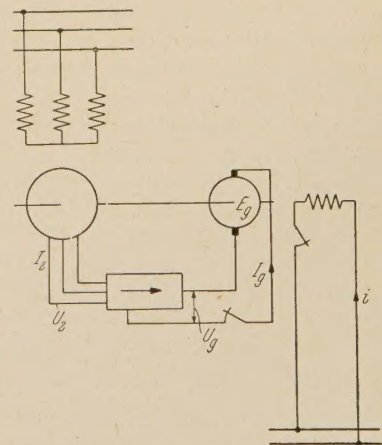


Abb. 2

### 2) Versuchsergebnisse

In letzter Zeit wurden Trockengleichrichter entwickelt, die auch für höhere Spannungen und hohen Strom stabil arbeiten und ebenfalls eine lange Lebensdauer haben. Diese Silizium-Trockengleichrichter werden heute für einige hundert Ampere gebaut und auch für Starkstromzwecke oft benutzt.

Es liegt also nahe, an Stelle des Umformers einen Trockengleichrichter zu benutzen. Solche Versuche wur-



den ausgeführt. Der Asynchronmotor war von Oerlikon, mit  $7\frac{1}{2}$  PS und vier Polen. Die gekoppelte Gleichstrommaschine besaß eine Leistung von  $5\frac{1}{2}$  PS. Der Gleichrichter wurde in der Dreiphasen-Graetz-Brückenschaltung

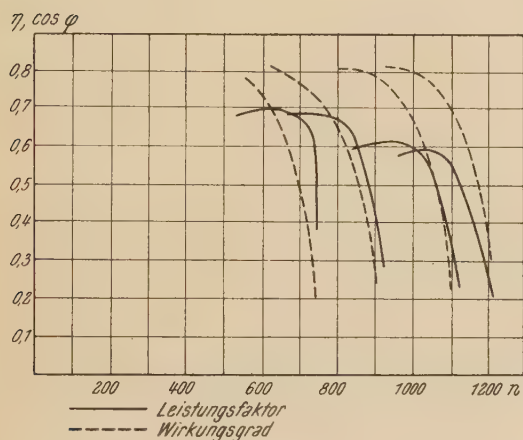
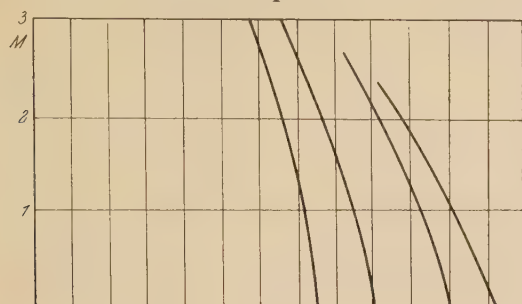


Abb. 3

tung ohne Drosseln oder Kondensatoren als Siebschaltung verwendet. Die Meßergebnisse sind wie folgt:

2,1) Abb. 3 zeigt die Drehmomentkennlinien für verschiedene Felderregungen der Gleichstrommaschine. Wir erhalten eine Nebenschlußcharakteristik, wobei die Kennlinien sehr leicht geregelt werden können. Der Leistungsfaktor kann nicht auf  $\cos \varphi = 1,0$  gebracht werden, was beim Umformer möglich ist. Der Leistungsfaktor ist aber ziemlich hoch, sogar  $\cos \varphi = 0,8$  und mehr, was befriedigend ist, aber der Wirkungsgrad ist sehr schlecht, da, wie wir später sehen werden, die Gleichstrommaschine einen für unsere Zwecke zu hohen Ankerwiderstand hatte.

2,2) Da die Gleichstrommaschine eine Kompoundwicklung hatte, wurden auch Versuche mit dieser Wicklung im Hauptkreis der Gleichstrommaschine durchgeführt, und Abb. 4 zeigt die Ergebnisse. Wir erhalten auch Kompoundkennlinien.

2,3) Das Anlassen der Kaskade ist sehr leicht. Wie Abb. 2 zeigt, wird ein Anlasser in den Ankerkreis der Gleichstrommaschine geschaltet, was natürlich einen hohen Widerstand im Läuferkreis des Asynchronmotors bedeutet. Wir brauchen also nur einen Widerstand und nicht drei, wie beim Anlassen eines Asynchronmotors.

2,4) Eine gute Bremsmethode ist ebenfalls möglich. Wir schalten den Asynchronmotor vom Netz ab und lassen die Gleichstrommaschine als Generator auf einen Widerstand (den Anlaßwiderstand) bremsen. Die Methode hat gute Erfolge gezeigt.

2,5) Der Asynchronmotor wurde auch einphasig ans Netz geschaltet und mit Hilfe der gleichgerichteten Läuferspannung vom Gleichstrommotor angelassen. Das Anlaßmoment war ziemlich groß, da hier auch der „mitlaufende“ wie auch der „invers laufende“ Motor zur gleichgerichteten Spannung beiträgt. Obwohl diese Maschine ziemlich interessant ist, wird sie selten benutzt werden, da die Krämerkaskade in größeren und auch sehr großen Einheiten gebaut wird, wo meistens nur dreiphasiger Anschluß in Frage kommt.

2,6) Zum Ausgleich der Gleichrichteroberswellen wurden keine Drosseln und Kondensatoren benutzt, trotzdem haben wir keine Kommutationsschwierigkeiten gehabt. Oszillographische Untersuchungen haben gezeigt, daß bei Leerlauf spitze Oberwellen vorhanden

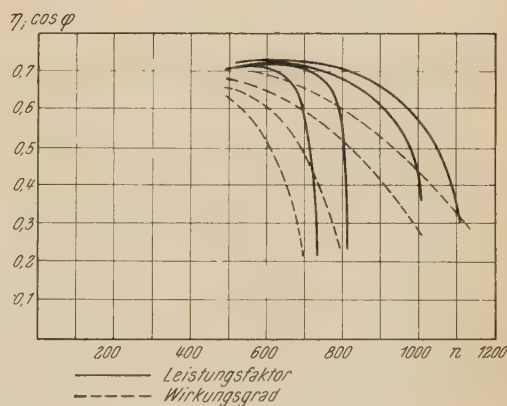
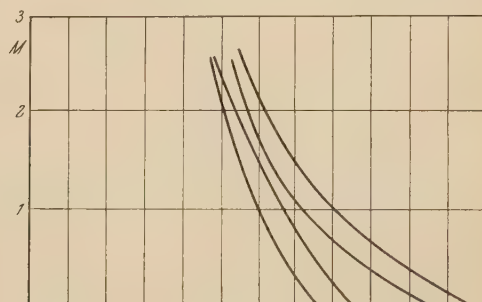


Abb. 4

sind, die jedoch mit steigender Last verschwinden. Der Gleichstrommotor unter der Last wirkt also als eine Drossel, daher sind auch andere Siebschaltelemente nicht notwendig.

2,7) Der benutzte Maschinensatz war nicht der beste für unsere Zwecke. Der gesamte sekundäre Widerstand des Asynchronmotors (umgerechnet auf die Ständerwindungszahl) war  $R'_2 = 4,85 \Omega$ , (und zwar  $R_2 = 1,47 \Omega$ ,  $R'_{\text{rect}} = 0,88 \Omega$  und  $R'_g = 2,5 \Omega$ ), dieser Wert ist sehr hoch im Vergleich mit der totalen Reaktanz des Asynchronmotors  $X_K = 5,3 \Omega$ . Dies bedeutet hohe Verluste und einen kleinen Wirkungsgrad. Für einen normalen Regelbereich von 30 bis 40% war auch die Gleichstrommaschine zu groß und eine kleinere von ungefähr 3 PS hätte genügt. An sich ist es möglich, den Regelbereich zu vergrößern und bis auf  $n = 0$  zu bringen. Für solche Zwecke wird jedoch der Ward-Leonard-Antrieb zu bevorzugen sein.







3,4) Wir können jetzt auch die Leistung berechnen. Es wird aus Abb. 5

$$P_s = P_{s1} + P_{s2}, \quad (13)$$

wobei die abgegebene Leistung des Asynchronmotors

$$P_{s1} = 3 \cdot E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \psi_2 \quad (14)$$

ist, und da

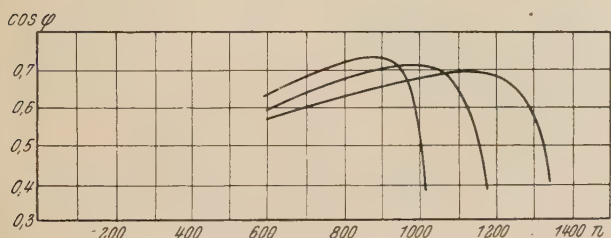
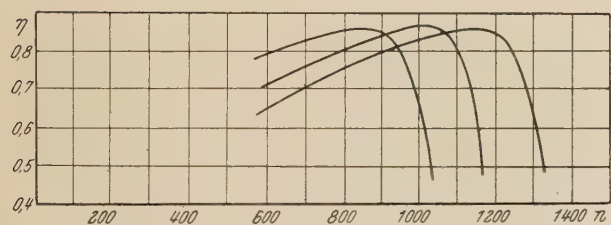
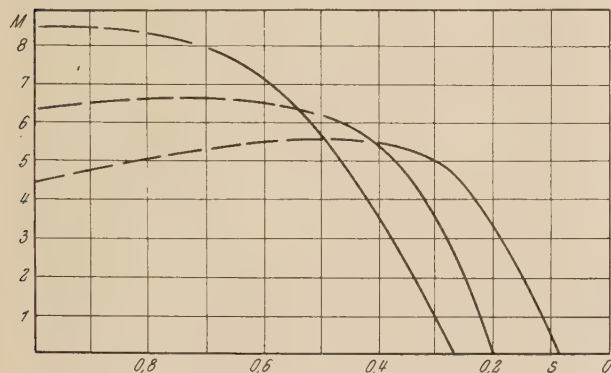


Abb. 6

$$E_2 \cdot \cos \varphi_2 = K \cdot i \cdot \frac{1-s}{s} + I_2 \cdot R'_2/s \quad (14a)$$

ist, wird

$$P_{s1} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R_2/s + I_2 \cdot U_1 \cdot p \cdot (1-s)/s \quad (14b)$$

und die abgegebene Leistung der Gleichstrommaschine

$$P_{s2} = E_g \cdot I_g/(1-s) = C \cdot i \cdot h \cdot I_2, \quad (15)$$

d. h.

$$P_{s2} = U_1 \cdot p \cdot I_2 \cdot h \cdot k. \quad (15a)$$

Aus den obigen Gleichungen erhalten wir

$$P_{s2} = s_0 \cdot P_s,$$

was zu erwarten war.

3,5) Eine Diskussion der Ergebnisse ergibt folgendes. Unsere Versuchsmaschinen haben einen großen sekundären Widerstand (inklusive Ankerwiderstand des Gleichstrommotors), da  $R'_2 = 4,85 \Omega$  gegenüber der Kurzschluß-Raekтанz des Asynchronmotors  $X_K = 5,3 \Omega$  ist. Daher erhielten wir einen kleinen Wirkungsgrad.

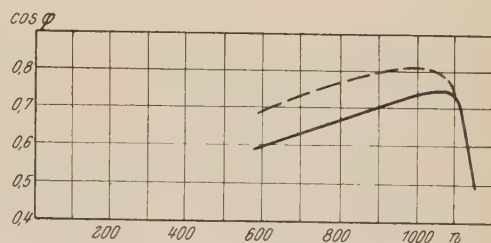
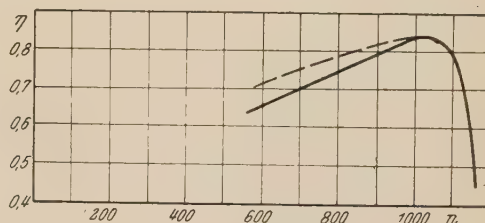
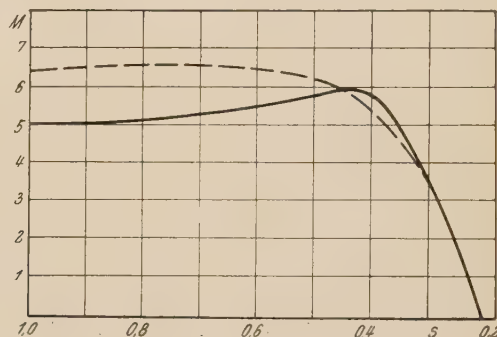
Da die obigen Gleichungen eine Genauigkeit von ungefähr 10% aufweisen (die Maschinen waren etwas

gesättigt), so wollen wir eine ähnliche Kaskade nachrechnen, wobei wir  $R_2 = 0,6 + 0,5 + 0,9 = 2,0 \Omega$  annehmen (reduziert auf die Windungszahl des Stators des Asynchronmotors).

Die Ergebnisse ersehen wir aus Abb. 6. Der Leistungsfaktor ist etwas schlechter, aber der Wirkungsgrad ist viel besser. Man wird meistens einen Zwischenwert annehmen, wobei man Leistungsfaktor und Wirkungsgrad sich die Waage halten läßt.

Man kann auch die Gleichstrommaschine mit Überkompensation ausrüsten und ähnliche Gleichungen wie oben entwickeln. Dabei erhalten wir eine bessere Nebenschlußcharakteristik und auch Leistungsfaktor und Wirkungsgrad werden verbessert (s. Abb. 7).

Man kann auch Unterkompensation der Gleichstrommaschine benutzen und dann erhalten wir Nebenschluß-



— kompensierter Gl. Str. Motor  
- - - nicht kompensierter Gl. Str. Motor

Abb. 7

Serien-Charakteristik der Kaskade, was oft wünschenswert sein dürfte. Dabei bleiben der Leistungsfaktor wie auch der Wirkungsgrad in annehmbaren Grenzen.

Im allgemeinen können wir sagen, daß die Trockengleichrichter-Krämerkaskade für viele Zwecke sehr zweckmäßig sein dürfte, sogar für Leistungen bis zu 500 kW. Für Regelbereiche von 30 bis 40% sollte eine solche Anlage ungefähr 40% billiger sein als der Ward-Leonard-Antrieb. Ihre Regulierung ist sehr einfach und viel leichter als bei der Umformer-Kaskade. Man muß jedoch spezielle Schutzmaßnahmen vorsehen, damit durch Überspannung und Überbelastung die Trocken-



gleichrichter nicht beschädigt werden. Diese kleine Mehrausgabe wird durch die einfache und billige Anlaßmethode aufgehoben.

#### Schrifttum

[1] ZABRANSKY: Wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. J. Springer. 1927.

[2] MCKAERNY: Development of variable speed drives for wind tunnels. Proc. I.E.E. part A. Vol. 105 (1958), S. 158.

[3] LIVSCHITZ-KILGORE: Modified Kramer Cascade. Trans. A.I.E.E. Vol. 61 (1942), S. 255.

[4] CLYMER: Large adjustable speed wind tunnel drives. Trans. A.I.E.E. Vol. 61 (1942), S. 156.

[5] DICKEY, LAFFOON und KILGORE: Variable speed drive for US Army Air Corps wind tunnel. Trans. A.I.E.E. Vol. 61 (1942), S. 126.

[6] SCHUISKY: Elektromotoren. J. Springer. 1951. S. 215.

[7] WEILER: Stromwendung in Einphasenumformern der Drehstrom-Gleichstrom-Kaskade. E und M 42. Jg. (1931), S. 889.

[8] BEN URI: Beitrag zur analytischen Behandlung des Induktionsmotors. E und M 71. Jg. (1954), S. 53.

## Neuere Entwicklungen auf dem Generatorschutzgebiet

Von L. FERSCHL, Wien

(Schluß aus Heft 2)

DK 621.313.12 : 621.316.9

Abb. 32 zeigt einen Gestellschlußschutz für Generator-Sammelschiene mit *motorisch veränderlichem Belastungs-Widerstand*, der im normalen ungestörten Betrieb auf einen relativ hohen Wert, entsprechend einem klemmennahen Gestellschluß, eingestellt ist, und im Augenblick des Erdschlusses durch einen Motorantrieb *stufenweise verkleinert wird*. Dadurch wird auch bei kleinen Verlagerungsspannungen ein genügender Erdschlußstrom zur Betätigung des Relais geliefert.

Diese Schaltung ist besonders bei Großgeneratoren am Platz, da man hier noch mit geringen Erdschlußströmen zur Selektivverfassung auskommt. Bei äußerem Netzerdschluß wird der Belastungswiderstand nach

die Innenschaltung und den Anschluß an einen Kabelumbauwandler.

Auch bei richtiger Anwendung einer Einfachsummenschaltung (Holmgreenschaltung) lassen sich bei ge-

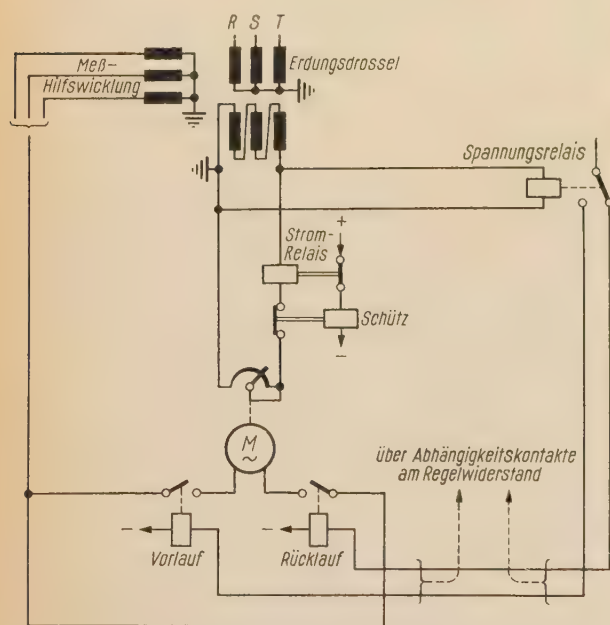


Abb. 32. Gestellschlußschutz bei Generatorsammelschiene mit veränderlichem Belastungswiderstand

kurzer Zeit durch ein Stromrelais im Nullstromkreis abgeschaltet, um die Erdschlußstelle zu entlasten. Statt eines stetig veränderlichen Widerstandes kann man auch eine Stufenschaltung anwenden, womit man noch kürzere Zeiten erzielen kann.

Abb. 33 zeigt das neue Drehspul-Richtungsrelais in Ansicht, links oben das fix eingestellte Drehspulrelais, rechts davon die Ansprechwerteinstellung, und unterhalb das zugehörige Hilfsrelais. Die rechte Skizze zeigt

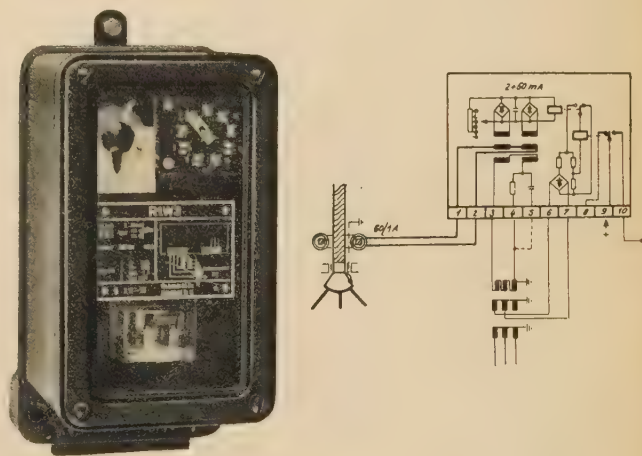


Abb. 33. Erdschlußrichtungsrelais (Drehspulrelais), hochempfindlich, gedämpft

eigneter Stabilisierung hochempfindliche Gestellschlußschutzeinrichtungen erzielen.

### 11) Windungsschlußschutz

Bei Windungsschlußfehlern treten — wie schon früher erwähnt — die größten Kurzschlußströme und damit auch die größten Schadenswirkungen auf. Andererseits ist ein Schluß über eine oder nur wenige Windungen bei Maschinen mit Stabwicklung und der hierfür bekannten hochwertigen Isolation nur äußerst selten. Bei mehrlagigen Spulenwicklungen ist bei großer Lagenspannung durch Kriechwege und Alterungerscheinung ein Windungsschluß dieser Art schon eher wahrscheinlich. Bei den Kreuzungsstellen an den Wickelköpfen treten nicht nur zwischen Wicklungselementen verschiedener Phasen, sondern auch zwischen solchen der gleichen Phase erhebliche Spannungsdifferenzen auf, die durch die heute hochwertige Isolations-technik einwandfrei beherrscht werden. Wenn aber durch mechanische Fehler im Läufer Teile desselben gegen die Ständerwicklung fliegen, so kann dies sowohl zu Kurzschlüssen zwischen den Phasen (Wicklungsschluß) als auch innerhalb der gleichen Phase (Win-



Wicklungsschlüssen) führen. Windungsschlüsse werden aber durch den normalen Generator-Differentialschutz (Längsdifferentialschutz) nicht erfaßt, da der Strom an beiden Vergleichsstellen der gleiche ist.

In der Nachkriegszeit wurde beobachtet, daß infolge häufiger Netzkurzschlüsse die Distanzstücke an den Wickelköpfen die Leiterisolation durchdrückten, was durch zusätzliche Verschmutzung und Kriechwege in weiterer Folge zu Windungsschlüssen und Wicklungsschlüssen an den Wickelköpfen führte. (Diese häufigen Kurzschlüsse waren eine indirekte Folgeerscheinung der Bombenangriffe, bei denen die Kabel in Stadt- bzw. Industrienetzen zwar nicht immer gleich zerstört, aber oft doch so weit isolationsmäßig geschwächt wurden, daß es im Laufe der Zeit zu Erdschlüssen bzw. Kurzschlüssen kam.)

Unter den vorgenannten Gesichtspunkten ist die Wahrscheinlichkeit von Windungsschlüssen — nach statistischen Grundsätzen betrachtet — zwar geringer als die von Wicklungsschlüssen, aber doch in derselben Größenordnung. Auch die Schadensstatistik zeigt ähnliche Ergebnisse, aus denen auch hervorgeht, daß in vielen Fällen Kurzschlüsse und Windungsschlüsse kombiniert sind und auch in Verbindung mit Gestellschlüssen auftreten. Letztere können sogar häufig die primäre Ursache sein und in der Folge erst zu Windungs- oder Wicklungsschlüssen führen, wenn sie nicht rasch genug vom Gestellschlussschutz abgeschaltet werden. Die Anwendung eines Windungsschlussschutzes, insbesondere bei Großgeneratoren, bei denen der Aufwand für den Schutz im Vergleich zum wirtschaftlichen Wert des Generators gering ist, ist daher durchaus zu empfehlen. Ein hochwertiger Schutz ist die wirtschaftlichste Art, um sich vor schweren betrieblichen Nachteilen und den damit verbundenen Kosten im Störfall zu schützen.

Jeder Wicklungsschluß zwischen zwei oder allen drei Phasen ist in der Regel unsymmetrisch bezüglich der beteiligten Windungszahlen der einzelnen Phasen. Es spricht daher praktisch bei jedem Wicklungsfehler auch der Windungsschlussschutz an, der somit einen fast hundertprozentigen *Reserveschutz für den Generator-differentialschutz* darstellt. Lediglich der Klemmenkurzschluß (zwei- oder dreiphasig) bzw. ein symmetrischer dreiphasiger Kurzschluß kann durch den Windungsschlussschutz nicht erfaßt werden. Der neue *stabilisierte Windungsschlussschutz* von Siemens hat eine so hohe Ansprechempfindlichkeit und ist gegen äußere Kurzschlüsse so vorzüglich stabilisiert, daß er auch den Schluß einer einzigen Windung mit Sicherheit erfaßt, so daß er also einen hundertprozentigen *Windungsschlussschutz* darstellt.

Bei kleinen und mittleren Generatoren handelt es sich oft um *Spulenwicklungen*, bei denen ein Windungsschlussschutz besonders angebracht ist. Der Windungsschlussschutz kann in diesem Fall als hinreichender Generatorschutz angesehen werden, wenn er durch einen passenden Reserveschutz ergänzt wird. Man kann unter Umständen dann auf einen Differentialschutz verzichten, der einen aufgelösten Sternpunkt zwecks Einbau von Stromwandlern erfordert, die in diesem Fall erspart werden können. Das kann oft zweckmäßig sein, wenn es sich um ältere Generatoren handelt, bei denen ein nachträgliches Auflösen des Sternpunktes zwecks

Anwendung eines Differentialschutzes schwer möglich ist oder nur mit großen Kosten verbunden wäre.

Direkt auf das Netz arbeitende Generatoren sind praktisch gegen atmosphärische Überspannungen und die damit verbundenen Sprungwellen hinsichtlich Windungsschluß besonders gefährdet, so daß dort ein Windungsschlussschutz vor allem angebracht ist.

Abb. 34 zeigt die grundsätzliche Schaltung des Windungsschlussschutzes; die sogenannte Stützdrossel summiert in der sekundären Dreieckswicklung die drei Pha-

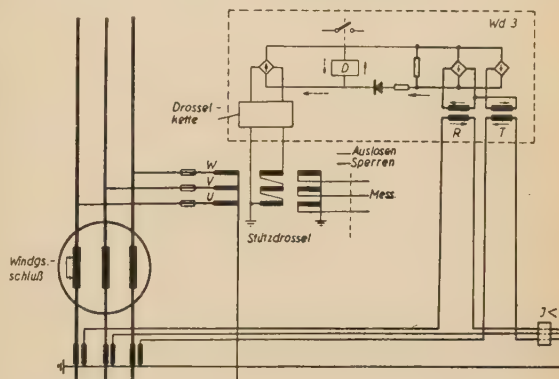


Abb. 34. Windungsschlussschutz mit Stabilisierung (Stützdrosselschaltung)

sensspannungen, deren Summe im ungestörten Betrieb — von der dritten Harmonischen abgesehen — Null ist. Bei Windungsschluß tritt eine fünfzigperiodige Dreiecksspannung auf, deren Größe von der Anzahl der kurzgeschlossenen Windungen abhängig ist und die das Drehpulrelais anregt, welches über Zwischenrelais, Schalter und Entregung usw. auslöst. Da die gleichphasige dritte Harmonische in der Dreieckswicklung voll in Erscheinung tritt, wird sie durch eine Drosselkette ausgesiebt, so daß im Ausgangskreis der Drosselkette praktisch nur die Grundharmonische wirksam ist. Der Schutz ist, wie später erläutert, wieder nicht-linear stabilisiert, wodurch man eine hohe Ansprechempfindlichkeit erzielt.

Abb. 35a) zeigt die Verlagerungsspannung  $U_0$  und Abb. 35b) die Dreiecksspannung  $U_{\Delta}$  im Störfall. Im ungestörten Betrieb gilt das gleichseitige strichlierte Spannungsdreieck in 35a). Die Summe der drei Phasenspannungen und somit die Dreiecksspannung (Abb. 35b) ist Null. Der Sternpunkt und der Schwerpunkt des Spannungsdreieckes fallen in Abb. 35a) zusammen (Spannungsverlagerung  $U_0 = 0$ ). Wenn ein Teil einer Phasewicklung kurzgeschlossen ist, verringert sich die Phasenspannung entsprechend; der Schwerpunkt des neuen Spannungsdreieckes [in Abb. 35a) voll ausgezogen] fällt nach  $0'$ . Der Sternpunkt  $0$  hat sich also gegenüber  $0'$  um die Verlagerungsspannung  $U_0 = 00'$  verlagert. Die im offenen Dreieck auftretende Spannung  $U_{\Delta}$  entspricht der Spannung der kurzgeschlossenen Windung und somit dem dreifachen Wert von  $U_0$ . Die Vektordiagramme der Skizze a) und b) gelten für den Fall, daß die Maschine im Solobetrieb auf das Netz arbeitet.

Wenn die Maschine auf ein starres Netz arbeitet, bleibt das Spannungsdreieck erhalten. Im Extremfall eines Einphasenkurzschlusses, das ist hundertprozentiger Windungsschluß, fällt der Sternpunkt  $0$  potentialmäßig mit der Klemme R zusammen, so daß sich zwi-



schen 0 und dem Schwerpunkt  $O'$  die volle hundertprozentige Verlagerungsspannung ergibt, während sie bei einer Solomaschine nur ein Drittel des Wertes ausmacht.

Die Verlagerungsspannung nimmt mit zunehmender Zahl der kurzgeschlossenen Windungen zu. Trägt man den Verlauf der Verlagerungsspannung (Abb. 35d) über der Anzahl der kurzgeschlossenen Windungen

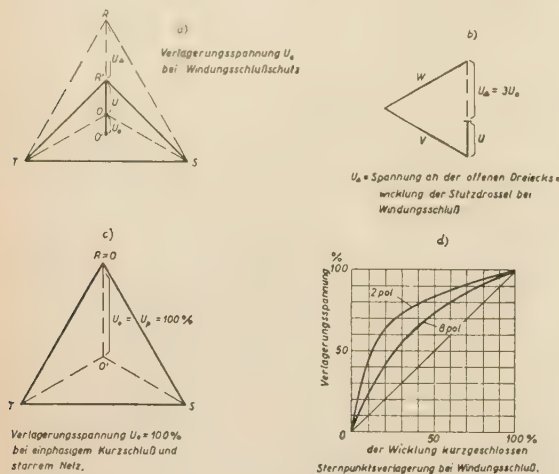


Abb. 35. Windungsschlußschutz

- a) Verlagerungsspannung  $U_0$  bei Windungsschluß (Solobetrieb)
- b) Dreiecksspannung  $U_\Delta$
- c) Verlagerungsspannung  $U_0$  bei einphasigem Kurzschluß (starrer Netz)
- d) Verlagerungsspannung in Abhängigkeit von der Anzahl der kurzgeschlossenen Windungen

einer Phase auf, so geht das infolge der besonderen magnetischen Verkettung zwischen den kurzgeschlossenen Windungen und der übrigen Wicklung nicht linear. Bei zweipoligen Maschinen (Turbogeneratoren) ist eine Verlagerungsspannung bei wenigen kurzgeschlossenen Windungen infolge der engen magnetischen Verkettung zwischen Defekt- und Gesunder Teil ein Vielfaches

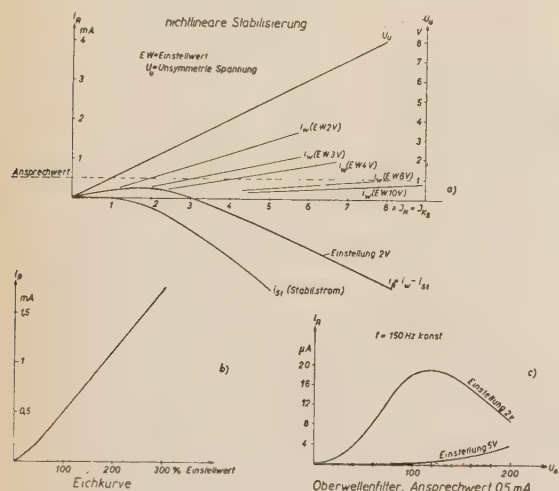


Abb. 36. Stabilisierter Windungsschlußschutz

- a) nichtlineare Stabilisierung
- b) Eichkurve
- c) Oberwelleneinfluß

des der Windungszahl entsprechenden Wertes (Abb. 35d). Bei mehrpoligen Maschinen ist diese Überhöhung geringer, aber z. B. für achtpolige Maschinen noch ziemlich kräftig. Man erhält also im allgemeinen wesentlich größere Verlagerungsspannungen

als sich auf Grund der proportionalen Umrechnung, entsprechend der Zahl der kurzgeschlossenen Windungen, ergibt. Man kann also bei Turbogeneratoren sehr leicht einen hochempfindlichen Windungsschlußschutz erzielen, was aber auch bei mehrpoligen Maschinen — wenn man wieder die *nichtlineare Stabilisierung* anwendet — ohne weiteres möglich ist.

Die Wirkung dieser nichtlinearen Stabilisierung ist wieder in Abb. 36 dargestellt. Bei zweipoligen Netzkurzschlüssen tritt ein Störstrom auf, der von der unvermeidlichen geringfügigen Wicklungsunsymmetrie und der Einstellung der Ansprechempfindlichkeit (Vorwiderstand im Relais) abhängig ist. Diesem Störstrom — in der Skizze a) mit  $i_w$  bezeichnet — wirkt der vom Generatorstrom beeinflusste Stabilisierungsstrom  $i_{st}$  entgegen. Er ist im unteren Bereich fast Null, so daß die Empfindlichkeit des Schutzes bei Schluß über nur eine oder wenige Windungen für die Stabilisierung nicht eingeschränkt ist und gibt bei großen Kurzschlußströmen eine kräftige Sperrwirkung, die ihn gegen äußere Kurzschlüsse vollständig unempfindlich macht. Hätte man diese nichtlineare Stabilisierung nicht, dann müßte man den Ansprechwert des Relais auf ein Vielfaches desjenigen vom stabilisierten Relais einstellen, damit bei dem größtmöglichen Kurzschlußstrom der Störwert unter dem eingestellten Ansprechwert bleibt. Man müßte also den Schutz unempfindlich einstellen,

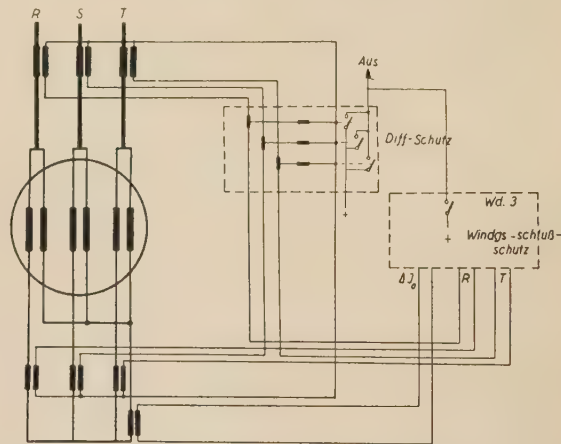


Abb. 37. Stabilisierter Generator-Differential- und Windungsschlußschutz (zwei parallele Ständerwicklungen)

so daß die Erfassung eines Windungsschlusses über eine oder nur wenige Windungen fraglich ist.

Links im Bild ist unter b) die Eichkurve dargestellt, die Krümmung rührt von der Nichtlinearität des Gleichrichters her.

Die Kurve c) zeigt den Einfluß der Oberwellen. Man erkennt daraus die gute Filterwirkung der Drosselkette, da der Relaisstrom selbst bei den größten Oberwellen nicht über  $20 \mu A$  (Ansprechwert  $500 \mu A$ ) geht.

Die besprochene Ausführung (Stützdrosselschaltung) gilt in erster Linie für Generatoren, bei denen alle Windungen einer Phase in Reihe gehalten sind.

Bei Großgeneratoren mit zwei *parallelen Ständerwicklungen* kann man den Windungsschlußschutz in einer sehr günstigen Weise (Abb. 37) ausführen, indem man den Gesamtstrom auf der Klemmenseite mit dem sternpunktseitigen Strom einer Wicklungshälfte Phase



für Phase mit einem normalen Generatordifferentialschutz vergleicht. Bei jeder Unsymmetrie, sei es, daß es sich um einen Wicklungsschluß zwischen verschiedenen Phasen oder um einen *groben Wicklungsschluß* handelt, tritt nun ein Differenzstrom auf, der den Differentialschutz zum Ansprechen bringt. Infolge der groben Einstellung des normalen Differentialschutzes ( $0,3 \dots 0,5 I_N$ ) reagiert er natürlich nur auf grobe Wicklungsschlüsse. Will man noch einen Feinwindungsschutz erzielen, dann verbindet man die Stern-

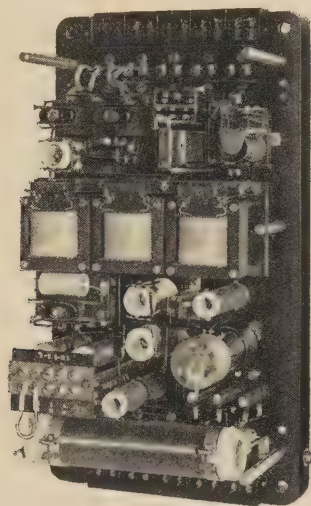


Abb. 38. Stabilisiertes Wicklungsschluß-Relais

punkte der beiden Wicklungshälften über einen Stromwandler, der jetzt einen entsprechenden Differenzstrom führt (auch bei Wicklungsschlüssen über nur eine oder ganz wenige Windungen) und dadurch das Wicklungsschlußrelais (das gleiche wie bei der Stützdrössel-schaltung) zum Auslösen bringt.

Die Abb. 38 zeigt das Wicklungsschlußrelais in seinem Aufbau ohne Gehäusedeckel; man sieht wieder das als Meßrelais verwendete Drehspulrelais und die sonstigen Elemente, wie Drosselspulen, Zwischen-

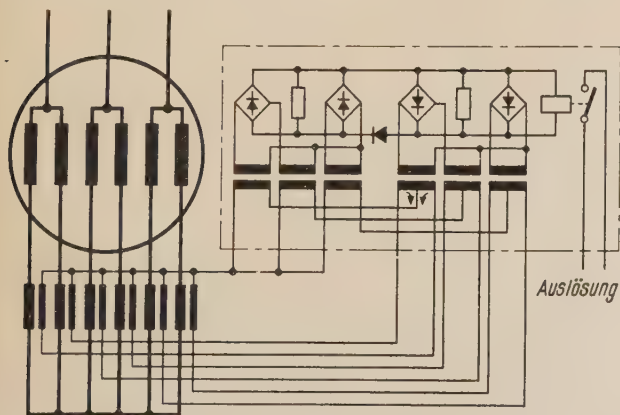


Abb. 39. Stabilisierter Wicklungsschlußschutz mit Quervergleich

wandler, Widerstände, Kondensatoren und Hilfsrelais für die Kontaktvermehrung und eine Einstellplatte, bei der die *Ansprechempfindlichkeit* im unteren Bereich zwischen 2 und 5 V und im oberen Bereich zwischen 6 und 18 V eingestellt werden kann, so daß man die

Empfindlichkeit an Generatoren, sowohl Wasserkraftgeneratoren als auch Turbogeneratoren, anpassen kann.

Eine andere Ausführung des Wicklungsschlußschutzes für Großgeneratoren mit zwei parallelen Ständerwicklungen ist der phasenweise *Quervergleich* zwischen den parallelen Gruppen (Abb. 39). Der in den rechts gezeichneten Zwischenwandlern zur Wirkung kommende Differenzstrom wirkt auslösend, der Summenstrom in den linken Zwischenwandlern dagegen sperrend. Die *Stabilisierung* ist durch die verwendeten Halbleiterelemente wieder *nichtlinear*. Die drei Phasen werden in der Gleichrichterbrückenschaltung gemischt (Sparschaltung), so daß nur ein einziges gemeinsames Drehspulrelais für den Vergleichsschutz vorgesehen ist.

## 12) Läufererdschlußschutz

Wenn im Läuferkreis (Abb. 40) ein Erdschluß auftritt, so ist das, wie wir schon sagten, verhältnismäßig harmlos. Um ihn aber trotzdem rechtzeitig zu melden

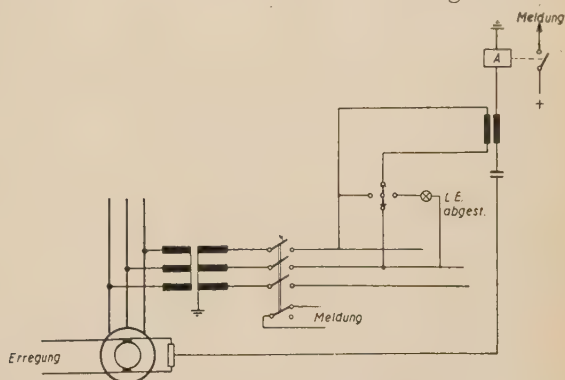


Abb. 40. Läufererdschlußschutz

und um sich vor Doppelerdschlüssen, die doch verheerende Wirkungen anrichten können, zu schützen, wird hier der Läuferkreis über ein Potentiometer mit einer Wechselfspannung, die z. B. vom Generatorspannungswandler abgenommen wird, *verspannt* und über einen Kondensator, der die Gleichspannung des Läuferkreises abriegelt, dem Läuferkreis zugeführt. Im Erdschlußfalle fließt nun — durch die Wechselstromverspannung bedingt — über das Relais ein Strom, der eine Meldung gibt. Der Läufererdschlußschutz wird so ausgelegt, daß im Erdschlußfall der Fehlerstrom auch bei verhältnismäßig hohen Übergangswiderständen wesentlich größer ist als der maximal vorkommende Störstrom durch die Läuferkapazitäten.

## 13) Unsymmetrieschutz

Ein weiterer Schutz, den man heute bei Großgeneratoren, insbesondere bei großen Turbogeneratoren anwendet, ist der sogenannte Schiefelastschutz oder Unsymmetrieschutz (Abb. 41). Wenn z. B. ein Generator direkt über eine längere Hochspannungsleitung auf eine Übergabestelle im Netz arbeitet, so kann es vorkommen, daß eine Phase dieser Leitung reißt und dadurch den Generator einphasig belastet. Die einphasige Belastung bewirkt durch das inverse Drehfeld eine starke thermische Beanspruchung des Dämpferkäfigs, so daß dadurch, wenn dieser Zustand längere Zeit besteht, schwere Zerstörungen im Läufer auftreten kön-



nen und auch starke dynamische Stöße verursacht werden. Eine solche Unsymmetrie, wie sie ein zweipoliger Kurzschluß oder eine einphasige Unterbrechung darstellen, ist links unter b) dargestellt. Normalerweise sind die drei Ströme gleich groß und um 120° verschoben (Skizze a). Bei Unsymmetrie bildet sich ein inverses System heraus, welches man in einfacher Weise meßtechnisch dadurch erfassen kann, daß man z. B. den Strom der Phase T um 60° zurückschwenkt, und diesen jetzt mit dem Strom R vergleicht. Wenn keine Unsymmetrie vorhanden ist, ist die Differenz der beiden

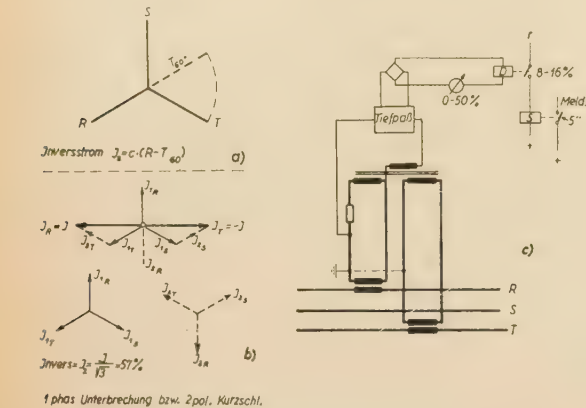


Abb. 41. Unsymmetrieschutz

- a) Meßprinzip
- b) Mit- und Gegensystem bei einphasiger Unterbrechung bzw. zweiphasigem Kurzschluß
- c) Relaischaltung

Ströme Null. Bei Unsymmetrie tritt dagegen in der Differenz ein Stromwert auf, der dem Inversstrom proportional ist. Das Vektorbild b) zeigt, wie man eine einphasige Belastung in ein Mitsystem und ein Gegen-system von je 57 % des Einphasenstroms zerlegen kann. Skizze c) zeigt die Prinzipschaltung des Unsymmetrieschutzes, aus der erkenntlich ist, wie der Strom der Phase R mit dem vektoriell gedrehten Strom T verglichen wird. Das Ergebnis dieser Messung wird über

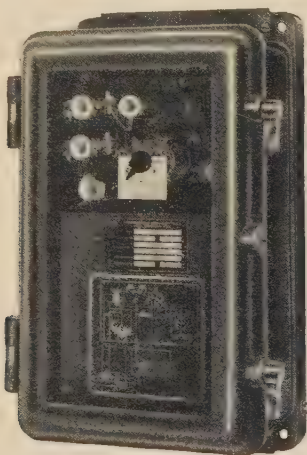


Abb. 42. Unsymmetrieschutz

einen Tiefpaß einem Anzeigeeinstrument bzw. einem Drehspulrelais zugeführt, in welchem ein dem Inverssystem proportionaler Strom fließt. Da auch bei zweipoligen Kurzschlüssen ein Inversstrom auftritt, muß die vom Relais abhängig gemachte Anzeige oder Auslösung durch ein Zeitrelais verzögert werden. Die An-

sicht dieses Relais ist in Abb. 42 zu sehen. Es ist lediglich das einstellbare Drehspulrelais erkenntlich, während die Zwischenwandler, Gleichrichter, Widerstände und Tiefpaß durch die Schaltbildplatte abgedeckt sind.

## 14) Spannungssteigerungsschutz

Bei einem Wasserkraftgenerator, bei dem durch Vollastabschaltung unter Umständen wesentliche Drehzahl erhöhungen und dadurch auch Spannungserhöhungen auftreten können, muß auch noch ein sogenannter Spannungssteigerungsschutz angewendet werden, der bei kleineren Generatoren einstufig gemacht wird, wobei das auf etwa 20...30 % Spannungserhöhung eingestellte Spannungsrelais durch ein Zeitrelais so weit verzögert wird, daß dem Schnellregler Gelegenheit gegeben ist, innerhalb dieser Einstellung die Spannungserhöhung abzufangen.

Bei großen Generatoren verwendet man zusätzlich noch einen Grobschutz, der höher eingestellt ist und unverzüglich wirkt. Die Abb. 43 zeigt die Kombination eines verzögerten Feinschutzes und eines unverzüglichen Grobschutzes, der natürlich auf Abschaltung und Entregung wirkt.

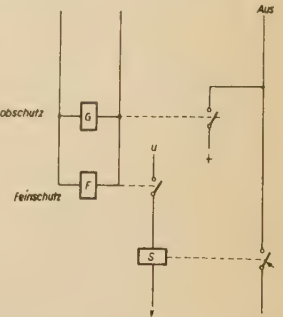


Abb. 43.

Spannungssteigerungsschutz

## 15) Rückleistungsschutz

Bei Turbogeneratoren ist außerdem ein sogenannter Rückleistungsschutz angebracht (Abb. 44). Bei schweren Schaufelschäden der Turbine oder bei Ab-

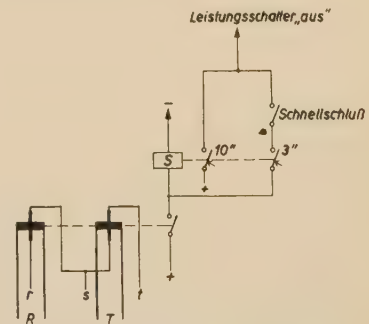


Abb. 44. Rückleistungsschutz

schaltung der Dampfturbine durch den Schnellschluß (infolge mechanischer Störungen in der Turbine) wird die Maschine vom Netz gespeist und als Motor laufen. Diese Leistungsaufnahme wird durch ein Rückleistungsrelais erfaßt, das natürlich eine hohe Empfindlichkeit besitzen muß, und über ein Zeitrelais entsprechender Verzögerung auf den Leistungsschalter wirkt. Um bei Auslösen des Schnellschlusses die Maschine rascher abzuschalten, wirkt das Rückleistungsrelais über einen Schnellschlußkontakt mit kürzerer Zeitverzögerung auf die Abschaltung. Eine vollkommen unverzügerte Auslösung ist auch da erfahrungsgemäß nicht zu empfehlen. Unverzögerte Rückleistungsrelais sind sehr empfindlich gegen Pendelvorgänge und Störungen ähnlicher



Art, weshalb also diese angegebene Zeitverzögerung zu empfehlen ist. Dieser Schutz erfaßt also einerseits Turbinenschaufelschäden, andererseits verhindert er ein Leerlaufen bei abgesperremtem Dampf (Gefahr einer unzulässigen Übertemperatur des Turbinenlaufrades). Das Leistungsrelais im Bild sehen wir in der Abb. 45.

Es ist ein hochempfindliches Ferraris-Relais, das in weiten Grenzen von etwa 1...6% der Nennleistung einstellbar ist. Die Einstellung muß so getroffen wer-

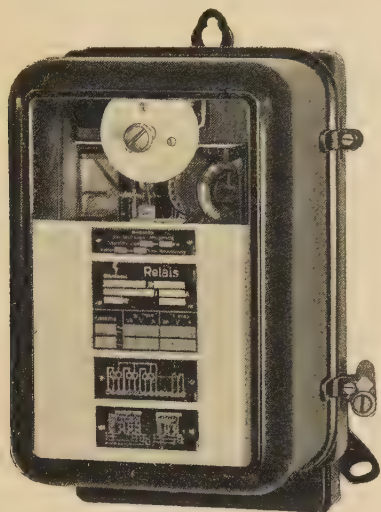


Abb. 45. Rückleistungsrelais RW 141

den, daß der Ansprechwert kleiner ist als die Rückleistung, die durch die Verluste des Generators und der Turbine bedingt ist. Bei großen Generatoren mit Wasserstoffkühlung ist diese Rückleistung unter Umständen noch kleiner, so daß man auf einen Einstellbereich von 0,5...3% gehen muß.

## 16) Verschiedene andere Schutzarten

Damit wurden die wichtigsten Schutzeinrichtungen erläutert, wenn auch noch manches Grundsätzliche über andere Schutzeinrichtungen, wie z. B. *Spannungsrückgangsschutz* und *Frequenzrelais* bei Pumpenspeichieranlagen und Synchronmotoren, *thermischer Schutz* für Motoren und Anlaßtransformatoren von Phasenschiebern, *Läuferunterbrechungsschutz*, *Läuferdoppelschlußschutz* und *Überdrehzahlenschutz*, zu sagen wäre. Im Rahmen des Generatorschutzes wäre auch noch über Entkupplungseinrichtungen für Industrieanlagen zu sprechen. Der Rahmen dieses Aufsatzes läßt leider eine ausführliche Beschreibung nicht zu.

## 17) Schnellentregung [5]

Selbstverständlich muß jeder Generator eine sehr rasch wirkende Entregungseinrichtung besitzen, um die Fehlerstelle im Generator auch von der eigenen Generatorspannung bzw. vom eigenen Generatorkurzschlußstrom zu entlasten. Die Siemens-Technik beruht hier auf der seit Jahrzehnten bekannten *Schwingungsentregung* von RÜDENBERG, die sowohl eine technisch sehr befriedigende als auch wirtschaftlich einfache Lösung darstellt, die in neuerer Zeit durch eine zweistufige Entregung noch verbessert und dadurch in der *Entregungszeit* stark verkürzt wurde. Sie ist steuerungsmäßig sehr einfach, da sie eine zwangsläufige innere

Automatik besitzt, die nur vom Entregungsschalter ausgelöst wird, worauf der ganze Entregungsvorgang selbsttätig nach Art einer *Selbstmordschaltung* abläuft und in Form einer gedämpften Schwingung gegen Null geht, wobei auch die *Remanenz* des Polrades und auch der Erregermaschine durch Umpolung vernichtet wird (Durchschwingen des Läuferstromes auf die negative Seite). Man kann mit dieser Entregungsart das *Optimum* an *Entregungszeit* herausholen, wobei die Beanspruchung der Isolation des Läufers eine Grenze für die kürzeste Entregungszeit darstellt.

## 18) Prüfeinrichtung

Die Relaiseinrichtungen werden betriebsmäßig fast nie angeregt, da ja — Gott sei Dank — bei der hohen Qualität der Maschinen und Transformatoren nur selten Störungen vorkommen. Da es sich aber um bewegte Teile handelt, ist es notwendig, daß die Schutzrelais von Zeit zu Zeit angeworfen und die Zeitglieder zum Ablauf gebracht werden, damit man sicher ist, daß die Schutzeinrichtung im Störfall funktionsbereit ist. Hierzu bedient man sich einer Prüfeinrichtung, die beim Generatorschutz fix eingebaut ist und meist in Form einer geschlossenen Prüftastentafel geliefert wird. Je nach den verschiedenen Anforderungen wurde eine Reihe von Bauformen entwickelt, von denen hier eine im Prinzip in Abb. 46 dargestellt ist. Diese zeigt, wie

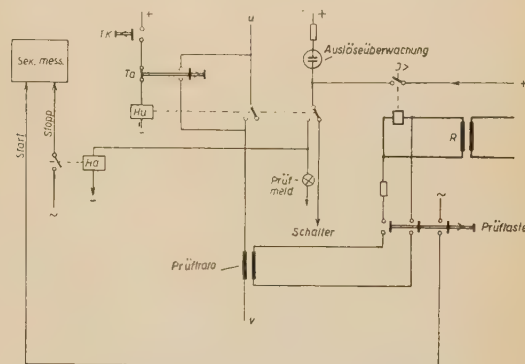


Abb. 46. Generatorschutz-Prüftastentafel

dem betreffenden Relais über einen Prüftransformator und eine Prüftaste ein Prüfstrom zugeführt wird. Man muß natürlich dafür sorgen, daß beim Prüfen die *Auslösung unterbrochen* wird. Dazu dient ein Hilfsrelais, das von einem Türkontakt der Prüfeinrichtung betätigt wird und im Augenblick des Türöffnens den Auslöseimpuls auf eine Meldelampe umschaltet. Mit Hilfe einer Synchronuhr ist man in der Lage, die Auslösezeit des geprüften Schutzes zu messen, in dem beim Einschalten der Prüftaste die Sekundenuhr gestartet und beim Schließen des Relaiskontaktes gestoppt wird. Eine besondere Auslösetaste dient dazu, den Schutz beim Prüfen fallweise (z. B. vor der Abstellung) auf Auslösung wirken zu lassen, so daß dann also auch die Auslösespulen aller Schalter durchgeprüft werden. Die letzte Abb. 47 zeigt dann eine Ausführung einer solchen *Generatorschutzprüftastentafel* für einen großen *Turbogenerator*, der einen ziemlich umfangreichen Schutz besitzt, da auch der Schutz der Eigenbedarfsanlage in den Blockschutz mit einbezogen ist. Als Prüftaster sind hier Schwenktaster verwendet, die zwei Prüfstellungen besitzen, so daß man mit vernünftigen



Platzaufwand Differentialschutz, Überstromschutz usw. dreiphasig prüfen kann; außerdem sind *Signallampen* vorgesehen, die anzeigen, welche Schalter bei der betreffenden Schutzeinrichtung auslösen würden, wenn im Ernstfall eine wirkliche Schutzauslösung erfolgte.



Abb. 47. Generatorschutz-Prüftastentafel eines großen Turbogenerators

Eine weitere Lampe zeigt an, daß die Prüftafel geöffnet ist, was man zweckmäßigerweise mit einer dazu parallel geschalteten Lampe auch in der Bedienungswarte anzeigt. Sämtliche *Auslösespulen* werden noch durch sogenannte *Auslöselampen* überwacht, die über die Auslösespulen einen kleinen Strom führen, der den Schalter zwar nicht zum Auslösen bringen kann, aber hinreicht, um anzuzeigen, daß der Auslösekreis vom

Relais bis zur Auslösespule geschlossen ist, so daß man sich jederzeit von der Betriebsbereitschaft des Auslöse-

kreises überzeugen kann. Zwei weitere Tasten dienen zur *Auslöseprüfung* (*elektrische und mechanische Auslösungen*) und eine Platte zum Anschluß des Sekundenmessers.

#### Schrifttum

[1] H. NEUGEBAUER: Gleichstrom-Drehspulrelais mit Gleichrichter für Selektivschutztechnik. ETZ, 71. Jg. (1950), H. 15, S. 389...393.

H. NEUGEBAUER: Meßtechnische Grundlagen der Widerstandsmessung beim neuen Siemens-Leitungsschutz. Siemens-Zeitschrift, 25. Jg. (1951), H. 5.

Drehspulrelais mit Kernmagnetsystem. Sonderdruck der Siemens & Halske AG, Wernerwerk für Meßtechnik.

[2] L. FERSCHL: Neuartige stabilisierte Differentialschutzeinrichtungen. E und M, 70. Jg. (1953), H. 13.

[3] Dr. H. GRASL: Trafodifferentialschutz mit Grund- und Oberwellenstabilisierung. Siemens-Austria, Techn. Bericht, 10. Jg. (1958) März.

[4] Bruno WESTPHAL: Ständererdschluß von Generatoren. Siemens-Zeitschrift, 27. Jg. (1953), H. 3, S. 134...141.

[5] Erwin ZUROWSKI: Schnellentregung eigenerregter Synchrongeneratoren. Siemens-Zeitschrift, 29. Jg. (1955), H. 7 und 8.

## Rundschau

### Physik

DK 621.327.9 : 546.294.02

**Krypton-85 als Atomlichtquelle.** Von O. BÖHM, Hamburg.

Es ist seit langem bekannt, daß gewisse kristalline Festkörper, wenn sie von radioaktiven Strahlen getroffen werden, sichtbares Licht erzeugen. In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts fand das sogenannte „Anregungsleuchten“ seine praktische Anwendung im Laboratorium zur Beobachtung von Alphateilchen, welche von radioaktiven Substanzen, wie etwa Radium, emittiert werden und beim Auftreffen auf einen Phosphorschirm kleine Lichtblitze, sogenannte Szintillationen, hervorrufen. Schon vorher verwendete man eine Mischung von Radiumsalz und Phosphor, um Leuchtstoffe für Uhren- und Instrumentenzifferblätter, Kompass usw. zu erzeugen. Leider nahm die Helligkeit der Phosphorschicht in wenigen Monaten ab und der Verlust an Lichtaussendung war relativ um so größer, je intensiver die Präparation vorgenommen wurde. Aus diesem Grund bot sich kein Vorteil, übermäßig hohen Radiumgehalt zu fordern. Dementsprechend erhielt man auch ganz geringe Leuchtstärken.

Die übermäßig starke Lichtschwächung wird durch eine Zerstörung der Phosphor-Leuchtzentren verursacht, welche durch die hochenergetischen Alpha-Teilchen hervorgerufen wird. Demgegenüber besitzen Beta-Teilchen nicht die gleiche Zerstörungskraft, so daß nun eine bedeutend stärkere Helligkeit erreicht werden kann, ohne eine rasche Lichtstärkenabnahme befürchten zu müssen.

Es ist unwahrscheinlich, daß die anhaltende Helligkeit solcher Substanzen jemals mit der eines Kathodenstrahl-Oszillographen oder eines Fernsehschirms zu vergleichen sein wird, selbst wenn man große Mengen radioaktiver Substanz auf kleinstem Raum konzentriert. Wenn auch die Atomleuchten geringere Helligkeit gegenüber den konventionellen Lichtquellen besitzen, so liegt der Vorteil ihrer Verwendung darin, daß sie keine äußeren Kraftquellen

benötigen, keine Wartung erfordern und daß die Lebensdauer viele Jahre beträgt.

Von den verfügbaren Beta-Strahlen sind nur zwei geeignet, und zwar Krypton-85 und Tritium.

Krypton-85 ist ein chemisch inertes Gas, das durch Kernspaltung entsteht. Gelangt es in die Atmosphäre, so hinterläßt es infolge seiner raschen Verdünnung keine radioaktive Verseuchung und zerfällt in das nicht-radioaktive Isotop Rubidium. Da es chemisch träge ist, nimmt es keine Umsetzungen mit der Materie vor, seine Giftigkeit ist sehr gering. Es hat eine geeignet lange Halbwertszeit und sendet weiche Beta-Strahlung aus. Der Nachteil, welcher in geringem Maße seine Anwendung beeinträchtigt, liegt in dem kleinen Prozentsatz an auftretender Gammastrahlung. Kein oder höchstens ein schwacher biologischer Strahlenschutz ist erforderlich, wenn man nur kleine Mengen Krypton-85 verwendet. Sollten jedoch für stärker leuchtende Quellen größere Mengen notwendig sein, so hängen die Strahlen-Schutzmaßnahmen davon ab, wie nahe sich Personen den Atomleuchten nähern müssen.

Tritium als zweite Möglichkeit ist im Vergleich zu Krypton-85 für die Lichterzeugung teuer. Die Energie der ausgesandten Beta-Teilchen ist hier so viel niedriger, daß beträchtlich höhere Aktivitäten notwendig sind, um die gleiche Helligkeit zu erreichen. Es ist auch giftiger, hat aber den Vorteil, daß es keine Gammastrahlung aussendet. Die Unzulänglichkeit dieser Isotope dürfte der Grund sein, warum die Leuchtfarbenindustrie immer wieder auf das Radium zurückgreift.

Die maximale Helligkeit einer Atomleuchte wird mit sphärischen Linsen erreicht, welche innen mit einer dicken Phosphorschicht ausgekleidet sind und sehr kleine Lichtaustrittsfenster besitzen. Ein Zunehmen der Fenstergröße würde die Helligkeit herabsetzen, da weniger Phosphorfläche der Strahlung ausgesetzt wäre. Am zweckmäßigsten stellt man schalenförmige Quellen her. Sie bestehen aus einer Metall-, Glas- oder Plastikschaale, welche innen mit einer 2 mm dicken Phosphorschicht ausgekleidet ist. Das



Fenster der Quelle ist aus Ceria-Glas (strahlenfestes Glas) und durch einen Plastikrahmen geschützt. Da die maximale Reichweite der Beta-Teilchen im Phosphor 1 bis 2 mm beträgt, muß die Dicke so gewählt werden, daß das Maximum der Strahlungsenergie verfügbar ist. Infolge der Undurchlässigkeit des Phosphors wird ein Teil der Strahlung verschluckt. Pyrex, Soda und Silikonglas werden durch den Betabeschuß allmählich dunkler, während ceria-stabilisierte Gläser ihre Lichtdurchlässigkeit behalten. Ebenso werden Plastikgläser teilweise durch die Beta-Strahlung in Mitleidenschaft gezogen. Durch Zwischenlage einer 2 mm dicken Ceria-Glasplatte zwischen Glas und Plastik-Außenhülle kann jede Trübung verhindert werden. Die Verbindung der einzelnen Materialien erfolgt mit einem Klebemittel, das so dünn wie möglich aufzutragen ist, um das dichte Aufliegen der Phosphorschicht zu garantieren. Nach Anbringung des Fensters ist die Quelle gänzlich zu evakuieren und, wenn möglich, unter Vakuum zu erhitzen, damit alle Spuren von Feuchtigkeit und organischen Dämpfen entfernt werden können. Hernach wird Krypton unter bestimmtem Druck in die Lampe eingeführt und die Einfüllöffnung mit einem Metall- oder Plastik-Druckverschluß versiegelt, welcher zusätzlich noch mit Plastikmasse verschweißt werden kann.

Es ist möglich, eine farbige Lichtquelle dadurch herzustellen, daß man die Phosphoranordnung oder den Aktivator innerhalb des Phosphors variiert. Bekanntlich spricht das menschliche Auge besonders gut auf den grünen Teil des Spektrums an, und das ist offensichtlich auch der Grund seiner bevorzugten Anwendung. Die hellste Lampe, die bis jetzt erzeugt wurde, hat 3 000 Microlambert und verwendet eine schalenförmige Quelle von 1 C Krypton-85 mit einer Strahlungsintensität von 1 C ( $C \equiv$  Curie). Die mäßig hellen Leuchtzeichen bieten eine Intensität von ungefähr 100...150 Microlambert, während die Erkennungsschilder zwischen 50...150 Microlambert variieren können.

Die Beta-Strahlung wird durch den Behälter völlig abgeschirmt, weil die maximale Reichweite in Glas nicht mehr als 1...2 mm beträgt. Der kleine Bruchteil auftretender Gammastrahlung würde nur bei intensiveren Quellen eine Strahlengefahr darstellen. Dann allerdings wären Strahlenschutzmaßnahmen vorzusehen und vor allem die Einhaltung einer gewissen Distanz zum Schutz der Personen zu fordern. Die Dosisrate für Personen, die längere Zeit vor einer Notausgangsleuchte stehen, welche 400 mC Krypton-85 enthält, beträgt weniger als die maximal zulässige Dosisrate für Gammastrahlung bezogen auf die Bevölkerung. Üblicherweise haben die Leuchtzeichen keine andere Abschirmung als den Kunststoffbehälter selbst. Die Dosisrate für eine 0,5-MeV-Gammastrahlung von Krypton-85 ist 3 r/h/mC in 1 cm Entfernung. Da eine Strahlungsquelle aus Krypton-85 bei einer gesamten Strahlungsleistung von 1 C 5 mC Gammastrahlung aussendet, beträgt die Dosisrate für eine solche Quelle 15 r/h.

Wie bereits früher erwähnt, liegt der Hauptvorteil von Krypton-85 gegenüber allen anderen Isotopen in seiner chemischen Trägheit, Verbindungen einzugehen. Es stellt daher keine Gefahr dar, wenn die Beta-Strahlung direkt den Körper trifft oder das Gas eingeatmet wird. In einem normal durchlüfteten Raum besteht immer ausreichende Luftzirkulation, um eine schnelle Zerstreuung des Krypton-85 im Falle des Leckwerdens der Quelle sicherzustellen. Es ist klar, daß eine stark beschädigte Quelle zeitweilig eine lokale Gefahr darstellen kann.

Atomleuchten besitzen eine geringe Intensität und können niemals mit elektrischem Licht in bezug auf Helligkeit konkurrieren. In dieser Hinsicht wäre es sinnlos, diese Art des Lichtes zu installieren, wo konventionelle Leuchtquellen billiger und bequemer sind. Jedoch gibt es Fälle, wo lange Zuführungskabel ziemlich schwierig zu installieren und sehr kostspielig sind und die Wartungskosten erheb-

lich zur Erhöhung der Betriebskosten beitragen; ferner, wo jegliche Form von Elektrizität unerwünscht ist, da brennbare Güter oder Dämpfe anwesend sind. Unter gewissen Umständen mag ein Licht geringer Helligkeit ausreichend sein, z. B. in Bergwerken zur Markierung von Fluchtwegen, in Untergrund-Service-Stationen, in Kinos zu Notbeleuchtungszwecken, in Vortragssälen und Schulen für Notausgangsmarkierungen, in Munitionsdepots, als Armaturenlichter in Flugzeugen, Schiffen und U-Booten, Türgriff- und Schaltermarkierungen, zur Markierung von Untergrundstraßen, Seebojen, Straßenbauarbeiten, Dunkelkammer-Markierungen, Skalenlichter usw. Krypton-85 wird künftig als Spaltprodukt leicht verfügbar sein, da es sowohl in zivilen Reaktoren als auch in Reaktoren der AEC in steigendem Maße als Abfallprodukt anfallen wird.

## Messtechnik

DK 621.387.4 : 614.825

**Ein neuartiges Strahlenschutz-Taschendosimeter zur Messung von Gamma-(Röntgen-)Strahlen beziehungsweise Strahlungen thermischer Neutronen.** Von K. SCHULTZ, Nordhastedt, Holstein.

Etwa kurz vor der letzten Jahrhundertwende begann mit den Anfängen der Strahlenforschung das Zeitalter der Atomphysik. Seither konnten beachtliche Feststellungen über die schädigende Wirkung sowie den Nutzen der Röntgen- und Gammastrahlen — insbesondere bei der friedlichen Verwendung der Atomenergie — getroffen werden.

Die biologische Wirkung der Röntgen- und Gammastrahlen — die in kleinen, konzentrierten Dosen krankes Gewebe, in größeren Mengen aber auch gesundes Gewebe zerstören können — wurde früh erkannt und genutzt. Schon einige Zeit vor der Entdeckung des Radiums sollen im Erzgebirge — hier befand sich im Mittelalter in St. Joachimsthal die größte Silbermine Europas — kleine Stücke des als Pechblende bezeichneten Uranerzes als heilsame Amulette getragen worden sein, während von einem Bäcker — der seinen Knetrog mit radioaktivem Wasser aus dem Bergwerk füllte — in St. Joachimsthal das erste Radiumbad eingerichtet wurde.

Andererseits sind aber auch die schweren, meistens unheilbaren Schädigungen bekannt, die viele Forscher, Ärzte und Kranke durch übermäßige und langdauernde Strahlungsdosen erlitten.

Während die Röntgenstrahlen durch das Abbremsen von durch Hochspannung im Vakuum beschleunigten Elektronen an Metallanoden erzeugt werden, entstehen Gammastrahlen aus natürlich oder künstlich radioaktiven Elementen bei dem Zerfall instabiler Atomkerne.

Nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnis sind Röntgen- und Gammastrahlen grundsätzlich gleichartige elektromagnetische Schwingungen. Während die Ausbreitungsgeschwindigkeit bei den massegebundenen mechanischen Schwingungen recht unterschiedlich ist und z. B. beim Schall in erdnaher Luft 0,331 6 km/s, bei Ultraschall in Stahl etwa 5,9 km/s beträgt, ist sie bei Licht und allen elektromagnetischen Schwingungen in der Luft und im Vakuum gleich 300 000 km/s. Die Unterschiede in der Art und dem jeweiligen Verhalten der elektromagnetischen Schwingungen werden nur durch die verschiedene Frequenz verursacht. Das heißt, je kleiner die Wellenlänge ist, also je höher die Frequenz, desto durchdringungsfähiger bzw. „härter“ ist die Strahlung. Dieses Verhalten kann besonders im Bereich von der Lichtstrahlung über Röntgen- und Gammastrahlen bis zu der in tiefsten Bergwerksschächten noch nachweisbaren kosmischen Höhenstrahlung verfolgt werden. Bei Durchstrahlungsaufnahmen ist festzustellen, daß mit zunehmender Härte und Durchdringungsfähigkeit der Bildkontrast abnimmt.



Von großer Bedeutung für die Erkennung einer gefährlichen Strahlungsquelle sind einfache Nachweismöglichkeiten, mit denen ohne erheblichen Aufwand an physikalischen Geräten und bei einfachster Handhabung die an kritischen Stellen wirksame Strahlungsintensität festgestellt werden kann. Eine einfache Lösung dieses Problems bietet die Schwärzung eines fotografischen Films. Z. B. tragen gefährdete Personen normierte Filmplaketten in der Brusttasche, deren regelmäßige Auswertung einen gewissen Anhalt für die ärztliche Überwachung gibt. Für einige Sonderanwendungen sind sogar Fingerringe mit Kleinfilm — Geräte, die auf demselben Prinzip beruhen — entwickelt worden.

Die Filmplaketten gestatten nur eine nachträgliche Auswertung über einen längeren Zeitraum; es wurden deshalb u. a. Ionisations-Meßgeräte entwickelt, welche es ermöglichen, an bestimmten Stellen in Erscheinung tretende Dosisleistungen zu messen. In einer strahlendurchlässigen Hülle werden zwei Metallfolien — zwischen denen sich Luft befindet — mit einer bestimmten Spannung aufgeladen. Sobald der Luftraum durch Strahlung ionisiert oder elektrisch leitend gemacht wird, tritt eine Verringerung der Spannung ein, bzw. wird ein Stromfluß erzeugt. Diese Auswirkungen sind genügend ausreichend, um zur Messung der auftretenden Strahlendosis verwendet zu werden.

Zum Schutze und zur Überwachung strahlungsgefährdeter Einzelpersonen gegen unerwartet auftretende abnormale Aktivitäten ist ein einfaches und handliches Gerät, nämlich ein in Füllhalterform ausgeführtes Taschendosimeter mit dem dazu erforderlichen Aufladegerät, entwickelt worden. So beispielsweise in der Schweiz von der Firma Landis & Gyr AG, Zug, ein Dosimeter mit Ladeablesegerät sowie von der Firma Philips ein Strahlungsmeßgerät.

Von der Telefunken G.m.b.H. wird ein neuartiges Strahlenschutz-Taschendosimeter (System Bendix), zu dem ein Dosimeter-Ladegerät (Typ: Ms DL 547/1; System Telefunken) gehört, ausgeführt. Das Dosimeter bringt überall dort,

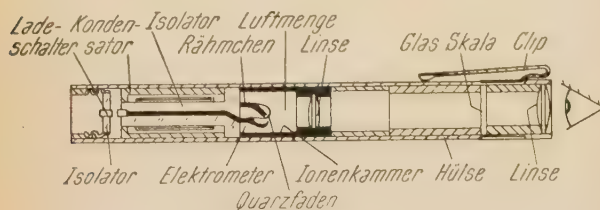


Abb. 1. Strahlenschutz-Taschendosimeter (Längsschnitt)

wo die Gefahr radioaktiver Strahlung besteht — z. B. in industriellen Laboratorien, beim Betrieb von Atomreaktoren, in Isotopenlaboratorien, für den zivilen und militärischen Luftschutz usw. gesundheitsschädliche Strahlungseinflüsse zur Anzeige (Abb. 1).

Je nach der Notwendigkeit der zu messenden Intensität sind neun verschiedene Dosimeter mit Meßbereichen von jeweils 0 bis 5 r, 10 r, 20 r, 50 r, 100 r, 200 r, 600 r, sowie maximal von 0 bis 1 000 r entwickelt worden. Eine Sonderausführung gilt der Messung thermischer Neutronen, und zwar im Bereiche von 0 bis 2 Toleranzdosen; bezogen auf eine Toleranzdosis thermischer Neutronen gleich 1 750 thermischer Neutronen pro  $\text{cm}^2/\text{s}$  je Achtstundentag.

Das Gerät besteht im wesentlichen aus einem Aluminiumrohr als Gehäuse, das u. a. den Ladeschalter, den Kondensator, das Elektrometer, die Ionenkammer und die aus vier Linsen bestehende Ablesevorrichtung sowie die üblichen Hilfskonstruktionsteile enthält. Zur Befestigung des Dosimeters an einer Tasche oder einem sonstigen Gegenstand des Benutzers dient ein an der Okularseite befindlicher Clip.

Die Neuentwicklung ist durch Unempfindlichkeit gegen großen Unterdruck und beachtliche Temperaturdifferenzen sowie Stöße und Vibrationen gekennzeichnet.

Das eine Länge von rund 110 mm und einen äußeren Durchmesser von etwa 13,5 mm aufweisende Aluminiumrohr besitzt ein Gewicht von etwa 35 g. Das Gerät ist vollkommen luft- und wasserdicht abgeschlossen, so daß beim Untertauchen innerhalb der Dauer von 30 min und bei einer maximalen Wassertiefe von 0,4 m keine Änderung der Anzeige zu vermerken ist. Bei starken Stößen und Vibrationen betragen die Abweichungen der Anzeige maximal 10% des Skalenendwertes. Durchgeführte Versuche bei Temperaturdifferenzen im Bereiche zwischen  $-40^\circ\text{C}$  bis  $+65^\circ\text{C}$  — bezogen auf eine Einwirkzeit von 72 h sowie solche in einer Höhe von rund 15 000 m während eines Zeitraumes von 4 h —, dazu Messungen bei 100% relativer Feuchtigkeit innerhalb einer Einwirkzeit von 4 h, ergaben eine Empfindlichkeitsänderung von maximal  $\pm 10\%$ .

Vor der Benutzung muß das Dosimeter mittels des Ladegerätes aufgeladen werden, wobei der Quarzfaden — der durch das Linsensystem in etwa 75facher Vergrößerung auf der Skala erscheint und zugleich als Zeiger dient — in die Nullstellung der Skala gebracht wird. (Die Aufladung er-

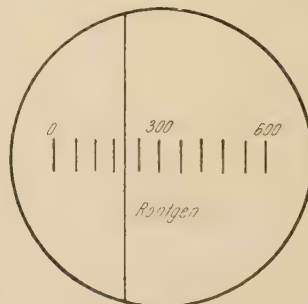


Abb. 2. Blick durch das Okular auf die Dosimeter-Anzeige

folgt nach dem Prinzip des Elektrometers.) Sobald das Gerät Einflüssen von Gamma- oder Röntgenstrahlen oder thermischen Neutronen ausgesetzt ist, wird in der Ionisationskammer ein Ionenstrom erzeugt, der über die Elektroden, bei einer Spannung von maximal 160 V, fließt. Dem Spannungsabfall entsprechend, bewegt sich der Quarzfaden auf der Skala (Abb. 2).

Das betriebsfertige Dosimeter kann überall sofort abgelesen werden, indem man es gegen eine Lichtquelle hält und durch das Okular schaut; eine besondere Ablesevorrichtung ist somit nicht erforderlich.

Die Spektralabhängigkeit ist mit einer maximalen Änderung der Empfindlichkeit von  $\pm 15\%$  bei Röntgen- und Gammastrahl-Energien von 50 keV bis 2 MeV relativ gering; ebenfalls ist die Intensitätsabhängigkeit weitgehend unabhängig von der Anzeige. Ohne Beeinflussung durch eine Strahlung beträgt der Ladeverlust innerhalb 24 h weniger als 2% des Skalenendwertes, und nach normaler Eichung bzw. der Aufladung bei Intensitäten von 100 bis 1 000 r/h ebenfalls weniger als 2% des maximalen Ablesewertes im Zeitraum von 24 h. Nach übermäßig starker Überbeanspruchung mit einer Intensität von über 1 000 r/h liegt der elektrische Ladeverlust bei weniger als 5% des Skalenendwertes innerhalb 24 h.

Das hauptsächlich zur Aufladung des Taschen-Dosimeters dienende Ladegerät kann auch zur Ablesung der mit dem Dosimeter gemessenen Strahlungsmenge mittels der eingebauten Beleuchtungseinrichtung verwendet werden. Die Bedienung erfolgt — ohne Vorhandensein einer besonderen Auflagefläche — mit einer Hand, wobei die Schaltung des Gerätes so gewählt ist, daß auch bei einer Entladung der Batterie bis zu zwei Drittel ihrer ursprünglichen Spannung von 1,5 V einwandfreie Ladungen des Dosimeters erfolgen können.

Das Ladegerät besteht aus einem Gehäuse von unzerbrechlichem Kunststoff (Polyamid) und ist derartig ausgebildet, daß sich erst nach dem Einlegen des Dosimeters durch einen leichten Druck auf dieses die Glühlampe einschalt-



tet, ohne daß eine besondere Einschaltung der eigentlichen Ladeeinrichtung erfolgt. Erst danach wird der Ladekontakt ausgelöst und gestattet die Spannungsregelung, die über das an der Einblickseite liegende Potentiometer erfolgt, welches mit dem Spannungswandler zusammen völlig gekapselt und damit gegen äußere Einflüsse, wie Staub und Spritzwasser, geschützt ist.

Um den Ladestromkreis zu unterbrechen, genügt eine Verminderung des Druckes, ohne daß dann hierdurch eine



Abb. 3. Gesamtansicht vom Strahlenschutz-Taschendosimeter (System Bendix) und dem Telefunken-Ladegerät Ms DL 547/1

Ausschaltung der Beleuchtungseinrichtung erfolgt, gleichzeitig aber zu jeder Zeit eine Kontrolle des ausgeführten Ladevorganges ermöglicht wird. Der Spannungsversorgung dient eine handelsübliche Batterie.

Als Gleichspannungswandler zur Erzeugung der Gleichspannung von 250 V ist ein Transistorschwinger eingebaut.

Das Ladegerät besitzt bei einer Höhe von etwa 55 mm, einer Breite von etwa 45 mm und einer Tiefe von annähernd 40 mm ein Gewicht von rund 260 g.

## Fernmeldewesen

DK 621.396.11.029.62

**Ultrakurzwellen-Übertragung durch Meteore<sup>1)</sup>.** Von E. ROESSLER, Berlin-Dahlem.

Unter den verschiedenen, in ihren physikalischen Ursachen und ihrem betriebsmäßigen Verhalten grundverschiedenen Ausbreitungsarten elektromagnetischer Wellen hatte die Streuung von Meterwellen an den Ionenspuren, die durch Meteore entstehen, zunächst keine praktische Bedeutung. Man empfand die durchschnittlich alle Sekunden mit etwa 0,1 s Dauer auftretenden meteorischen Signale zunächst als Störungen bei der Ausnutzung ionosphärischer Vorwärtsstreuung. Bei letzterer Übertragungsart nutzt man die Tatsache aus, daß Meterwellen in der Regel zwar nicht mehr an der Ionosphäre reflektiert, wohl aber mit einem kleinen Teil ihrer Leistung zur Erdoberfläche gestreut werden (ionospheric forward scatter). Die dabei erzielbare Bandbreite ist nicht sehr groß (einige Telegraphiekanäle), weil die an den verschiedenen Inhomogenitäten der Ionosphäre gestreuten Wellen sich nicht nur entlang eines durch Sender und Empfänger gehenden Großkreises ausbreiten, sondern auch seitlich davon, und weil sie deshalb gleichzeitig Wege sehr unterschiedlicher Länge zurückzulegen haben (ähnlich wie bei der Kurzwellenausbreitung); dadurch werden höhere Modulationsfrequenzen verwischt. Da die Meteore vorzugsweise lotrecht einfallen und die von ihnen erzeugten Ionenspuren hauptsächlich quer zu ihrer Richtung streuen, liefern die Meteore, die längs des durch Sender

und Empfänger gehenden Großkreises einfallen, keinen wesentlichen Beitrag zur Streuung. Am günstigsten sind jene Meteore, die etwa 20° seitlich vom Großkreis in der Mitte zwischen Sender und Empfänger auftreten. Sie liefern Streuwerte, die wesentlich größer sind als die der ionosphärischen Streuung. Der Umweg über diese seitlich gelegenen Streupunkte gegenüber den praktisch verwendeten Großkreisentfernungen von 1 000 ... 2 000 km verursacht schon Unterschiede im Eintreffen der Wellen von 0,5 ... 1,0 ms, begrenzt also die Bandbreite auf weniger als 2 kHz.

Kanadische Ingenieure haben nun erkannt, daß dieser Nachteil vermieden werden kann, wenn man auf das durch die ionosphärische Streuung gelieferte beständige, aber schwache Signal überhaupt verzichtet und nur die meteorische Streuung ausnutzt. Dann braucht man zu einem bestimmten Zeitpunkt meistens nur mit einem einzigen Übertragungsweg zu rechnen, weil die Wahrscheinlichkeit, daß gleichzeitig mehrere „günstige“ Meteore einfallen, sehr gering ist. Man kann also mit sehr viel größeren Bandbreiten arbeiten. Wegen der großen Intensität der meteorischen Streuung darf auch die Senderleistung und Antennenbündelung kleiner sein als bei Ausnutzung der ionosphärischen Streuung. Freilich muß man jetzt eine intermittierende Verbindung in Kauf nehmen („Duty cycle“  $\approx 0,1$ ; etwa 0,1 s Betrieb für alle Sekunden). Das schadet aber bei der Übertragung von Telegrammen nichts, denn man kann sie ohne Schwierigkeiten vor der Sendung, z. B. in Form von Lochstreifen speichern. Die Trägerfrequenz des Senders A wird laufend ausgestrahlt. Kommt sie in der Empfangsstation B an, besteht also eine günstige Meteorspur, so wird diese Tatsache auf einer benachbarten Frequenz von B nach A zurückgemeldet. Die Rückmeldung löst in der Station A selbsttätig die Übertragung der gespeicherten Nachricht aus, die nun mit etwa zehnfacher Geschwindigkeit dem Speicher entnommen wird. Am Empfangsort werden die ankommenden Bruchstücke der Nachricht gleichfalls gespeichert und dann mit normaler Geschwindigkeit weitergegeben. Dies gibt im Mittel denselben stetigen Nachrichtenfluß, wie er in der Station A eingeht. Um die Nachrichtenübertragung zum richtigen Zeitpunkt starten und stoppen zu können und die Verstümmelung einzelner Telegraphiezeichen zu vermeiden, sind Zusatzeinrichtungen (Register) erforderlich. Die Tatsache, daß man an der Empfangsstelle B nicht nur einen Empfänger, sondern für die Rückmeldung nach A auch einen Sender und in der Sendestelle A zum Empfang der Rückmeldung einen Empfänger braucht, bedeutet keinen zusätzlichen Aufwand, weil dieser Sender und dieser Empfänger nicht zur Rückmeldung, sondern auch zur Nachrichtenübermittlung von B nach A verwendet werden. Wegen dieser in beiden Richtungen gleichwertigen Arbeitsweise ihres Systems haben es die Kanadier nach dem römischen Gott Janus „Janet-System“ getauft. Zur Übertragung von Sprache werden als Speicher Magnettonbänder oder Ferritmatrizen verwendet. Weil man bei der meteorischen Streuungsübertragung wesentlich bessere Streuung erhält als bei der ionosphärischen Übertragung, darf man nicht nur mit der Leistung, sondern auch mit der Antennenbündelung zurückgehen. Deshalb kann diese Ausbreitungsart auch zur Verbindung mit Flugzeugen herangezogen werden<sup>2)</sup>. Einige mit meteorischer Streuung arbeitende Richtfunkstrecken, jede etwa 1 000 km lang, sind in Kanada und den USA in Betrieb. Im Gegensatz zu der früher allgemein angenommenen Begrenzung der UKW-Ausbreitung auf die optische Sicht (normalerweise etwa 50 km) hofft man nunmehr, unter Benutzung der meteorischen Streuung, Reichweiten bis zu 2 400 km zu erzielen.

(ETZ-A, 80. Jg. [1959], H. 9, S. 527 ... 263, 10 Abb., 20 Qu.)

<sup>1)</sup> s. a. J. Großkopf: Meterwellen-Ausbreitung durch meteorische Ionisation. NTZ 11. Jg. (1958), S. 455 ... 460

E. Roessler: Janet, Übertragung mit meteorischer Streuung. Elektron. Rundschau 12. Jg. (1958), S. 426 ... 432

<sup>2)</sup> E. Roessler: Verfahren und Anlagen für meteorische Streuungsausbreitung. NTZ 1. Jg. (1958), S. 497 ... 503



## Tagungen

DK 061.3 (43-15).053.7 „1959“ : 621.311.21

„Fachtagung Wasserkraft“ in München. Von G. SCHLOFFER, Steyr.

Die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) veranstaltete in Gemeinschaft mit der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwirtschaftsverbände (AWWV) eine öffentliche „Fachtagung Wasserkraft“ vom 21. . . 23. Oktober 1959 in München an der Technischen Hochschule. Es war ein erster Versuch des initiativen Sonderausschusses „Wasserkraft“ innerhalb der VDEW und ihrer ungemein rührigen Geschäftsstelle, vor einer breiteren Öffentlichkeit über bauliche und maschinentechnische Probleme des deutschen Wasserkraft-Anlagenbaues zu berichten und zu diskutieren. Die Titel der Vortragsgruppen lauteten:

Gruppe A: Wasserkraftwirtschaft,

Gruppe B: Gestaltung von Wasserkraftwerken und Wasserkraftmaschinen,

Gruppe C: Probleme und Erfahrungen beim Bau großer Wasserkraftanlagen,

Gruppe D: Meß- und Regelfragen in Wasserkraftwerken. Am 3. Tage war Gelegenheit zur Besichtigung verschiedener Anlagen geboten.

Die Veranstaltung entbehrte jedes gesellschaftlichen Beiwerkes, beschränkte sich auf schlechthin vollendete Vorträge erster Fachkräfte aus Kreisen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen, Hochschulen und Industrie und vermittelte in klassisch zu nennender Weise eine moderne Enzyklopädie des Wasserkraft-Anlagenbaues.

Etwas kürzere Hauptreferate und mehr Raum für die Diskussionen zu gewinnen wäre vielleicht im Wiederholungsfalle zu empfehlen. Auch vermißte der Elektrotechniker ein Referat über elektrische Maschinen. Im übrigen war der vorzüglich zusammengestellten Veranstaltung, die sich eines unerwartet regen Besuches — insgesamt über 400 Personen, darunter rund 60 Österreicher — erfreute, ein voller Erfolg beschieden. Ein ausgesprochener Höhepunkt in dem oft zu reichlichen Tagungskalender!

## Nachrichten des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees der IEC

DK 061.3 (100).053.7 „1959“ : 389.64 (100)

### Tagung des Rates der IEC in Madrid

Von E. WÜSTER, Wieselburg

Der Rat der IEC ist am Vormittag des 4. Juli 1959 in Madrid zusammengetreten, unmittelbar vor der ersten Tagung des Aktionskomitees.

Ebenso wie in der ersten Sitzung des Aktionskomitees waren 23 Länder vertreten, darunter auch Österreich (durch Poprović). Als Gast war der neue Präsident der Internationalen Normungsorganisation (ISO), WEGELIUS, zugegen.

Nachfolgend ein Überblick über die Verhandlungen. Die den einzelnen Abschnitten vorangesetzten Nummern entsprechen der Numerierung des offiziellen Berichtes (R.M. 537/Council). „App.“ bedeutet: Appendix.

**3. Neues Mitglied der IEC.** Der Rat billigt die Aufnahme der Normungsorganisation von Pakistan. Damit ist die Anzahl der Mitgliedsländer auf 34 angestiegen.

**4. App. Finanzielles.** Der Haushaltsplan wird neuerdings in zwei Teile aufgespalten: Verwaltung und Veröffentlichungen. So ergibt sich, zusammengefaßt und gerundet, folgendes Bild:

	1958	1959	1960
Verwaltung			
Ausgaben . . . . .	360	410	445
Beiträge . . . . .	378	378	507
Erfolg . . . . .	+18	−32	+62
Veröffentlichungen			
Ausgaben . . . . .	75	130	150
Erlöse und Lagerzuwachs	73	147	202
Erfolg . . . . .	−2	+17	+52

Die Beträge sind mit 1 000 zu multiplizieren; sie bezeichnen dann Schweizer Franken.

Der Voranschlag für 1960 wird in dieser Höhe gebilligt. Der Posten für Gehälter ist darin von 194 000,— Franken (1958) auf 260 000,— Franken erhöht.

Gleichzeitig wird die Erhöhung der Mitgliedsbeiträge um ein Drittel einstimmig beschlossen, in Übereinstimmung mit dem Haushaltsplan für 1960.

**5. Le-Maistre-Vorlesung.** Der Fonds erlaubt noch drei weitere Vorlesungen. Für 1960 ist DE ZOETEN (Holland) eingeladen worden. Das wird die sechste Le-Maistre-Vorlesung sein.

**6. Nächste Volltagungen.** Der Zeitraum für die Volltagung in Neu-Delhi wird auf den 31. Oktober bis 14. November 1960 festgelegt.

Für 1961 ladet die Schweiz ein, für 1962 Italien, für ein späteres Jahr Rumänien. Die Entscheidung für 1961 soll auf der nächsten Tagung des Aktionskomitees (März 1960) fallen.

**7. Generalsekretär.** RUPPERT, der seit dem Tod von LE MAISTRE das Sekretariat geleitet hat, wird zum Generalsekretär ernannt.

DK 061.3 (100).053.7 „1959“ : 389.64 (100)

### Tagung des Aktionskomitees der IEC in Madrid

Von E. WÜSTER, Wieselburg

Das Aktionskomitee der IEC ist am Mittag des 4. Juli und am Vormittag des 10. Juli in Madrid zusammengetreten. Außer den neun Ländern, die dem Aktionskomitee angehören, waren in den beiden Sitzungen weitere 14 bzw. 13 Länder vertreten. In der ersten Sitzung war auch Österreich vertreten (durch Poprović). An beiden Sitzungen nahm als Gast der neue Präsident der ISO, WEGELIUS, teil.

Nachfolgend ein Überblick über die Verhandlungen. Die den einzelnen Abschnitten vorangesetzten arabischen Zahlen entsprechen der Numerierung des offiziellen Berichtes (R.M. 536/C.A.). „App.“ bedeutet: Appendix.

#### I. Allgemeine Organisation

**3. Sekretariatsbericht.** Der Generalsekretär legt den Jahresbericht über die Tätigkeit aller Technischen Komitees vor: Dokument 01 (Central Office) 288. Der Bericht umfaßt 54 Seiten.

In der Sitzung macht der Generalsekretär auf eine Stelle in der Einleitung besonders aufmerksam: Die Richtlinien für die IEC-Arbeit werden nicht hinreichend befolgt. Manche Technische Komitees stellen dem Generalsekretariat nicht früh genug die Tagesordnung und die vorbereitenden Dokumente für ihre Sitzungen zur Verfügung.

**5. Einzeltagungen Technischer Komitees.** Auf eine Rundfrage hin haben folgende Länder mitgeteilt, daß sie bereit sind, zwischen den Vollversammlungen Einzeltagungen Technischer Komitees bei sich aufzunehmen: Belgien, Italien, Schweden, Holland, Deutschland, Jugoslawien, USA.

**10. Ehrenpräsidenten.** ARTIGAS, der Präsident der Tagung in Madrid, und WIENER, Belgien, werden zu Ehrenpräsidenten der IEC ernannt.



**18. IEC-Kennzeichnung.** Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob und unter welchen Voraussetzungen ein Hersteller berechtigt ist, sich auf die Übereinstimmung seiner Erzeugnisse mit IEC-Empfehlungen (statt mit nationalen Normen) zu berufen. Über diese Frage soll auf der nächsten Tagung des Aktionskomitees weiterverhandelt werden.

**26. Nächste Tagung.** Die nächste Tagung des Aktionskomitees wird im März 1960 abgehalten werden, und zwar in Genf.

## II. IEC-Veröffentlichungen

**3. Stilhandbuch.** Das Generalsekretariat bereitet ein „Stilhandbuch“ vor. Dadurch soll eine größere Einheitlichkeit in der Abfassung der IEC-Empfehlungen erreicht werden.

**20. Normtemperaturen und -prüfbedingungen.** Ein vom Technischen Komitee 40 ausgearbeiteter Bericht über diese Frage soll als IEC-Bericht veröffentlicht werden.

## III. Technische Komitees

**6. Neue Vorsitzende.** Für die Technischen Komitees 4, 19, 40, 45 werden Vorsitzende eingesetzt.

**19. Neues Sekretariat.** Belgien tritt das Sekretariat für das Technische Komitee 41 „Schutzrelais“ an Frankreich ab.

**14, 16, 22, 13, App. A. Neue Arbeitsbereiche.** Die Arbeitsbereiche der Technischen Komitees 13 „Meßgeräte“ und 33 „Leistungskondensatoren“ werden neu formuliert. Auf der nächsten Tagung des Aktionskomitees soll über eine Erweiterung des Arbeitsbereiches des Technischen Komitees 10 „Isolieröle“ verhandelt werden.

Das Unterkomitee für Sicherheitsvorschriften wird in einen beratenden Ausschuß („Advisory Panel“) umgewandelt, der selbst keine Kleinarbeit zu leisten hat.

**7, 12, 15, 21.** Ein Komitee „Kabel, Drähte und Wellenleitungen für Fernmeldeausrüstungen“ wird als Technisches Komitee 46 eingesetzt.

Auf der nächsten Tagung des Aktionskomitees wird entschieden werden, ob das Unterkomitee 14 A „Magnetischer Stahl“ in ein selbständiges Komitee umgewandelt werden soll.

Es soll geprüft werden, ob eine Wiederbelebung des Komitees 27 „Elektrische Heizung“ angezeigt ist.

**17, App. B, 21, 23, 25. Neue Aufgaben.** Die Aufnahme folgender Aufgaben soll geprüft werden:

Klima- und Haltbarkeitsprüfungen für Niederspannungsausrüstungen und für rotierende Maschinen,  
Rechenmaschinen,  
Isolierte Leiter.

Die im Vorjahr eingeleitete Koordination auf dem Gebiet der Schutzhüllen ist weitergeführt worden.

**24. Tagungsberichte.** Die Berichte folgender Technischer Komitees, die in Madrid getagt haben, werden entgegen- genommen und verabschiedet: 1, 9, 17, 19, 24, 28, 34, 35, 36, 37, 39.

Zwei Komitees sind schon vor Madrid zusammen- getreten: 22 und 26. Auch deren Berichte werden entgegen- genommen.

## IV. ISO

Wegelius, der Präsident der ISO erklärt, wenn die IEC nicht bestünde, wäre die Arbeit der ISO sehr erschwert. LE-MAISTRE, der langjährige Generalsekretär der IEC, werde auch in der ISO als deren Vater betrachtet.

DK 061.3 (100) „1959“ : 621.315.62 : 389.64 (100)

### Tagung des Technischen Komitees 36 (Isolatoren) in Madrid

Von F. FRITZ, Wien

Bei der Volltagung der IEC in Madrid fanden auch Sitzungen des T.C. 36 (Isolatoren) statt. Den Vorsitz hatte

O. D. ZETTERHOLM (Schweden), das Sekretariat führte P. FACCONI (Italien). Vertreten waren 18 Nationen durch 43 Delegierte. Österreich war durch den Bericht, am ersten Besprechungstag auch durch Herrn Prof. OBERDORFER, vertreten.

Nach Zustimmung zum Protokoll über die Londoner Tagung 1955<sup>1)</sup> standen vier weitere Dokumente zur Diskussion. Für die Regeln für Durchführungen [36-1 (Zentralbüro) 6] lag das Votum der Nationalkomitees unter der Zweimonatsregel vor. Diese Regel wurde nahezu einstimmig angenommen und verabschiedet.

Ebenso konnten die Normen über Klöppel und Klöppelpfannen, die seit den Wiener Beschlüssen 1956<sup>2)</sup> bei der Stockholmer Tagung 1958 noch durch geeignete Lehren zur Prüfung der Dimensionen ergänzt wurden, auf Grund der vorliegenden Voten der Nationalkomitees angenommen werden.

Beide Schriftstücke werden nunmehr als IEC-Publikationen veröffentlicht.

Neu zur Diskussion waren ein Expertenentwurf über Vorschriften für die Prüfung von Stützisolatoren und ein vom Schwedischen Komitee vorbereiteter Vorschlag über Dimensionsnormen für solche Stützisolatoren bis 380 kV. Nach längerer Beratung hat das T.C. 36 den österreichischen Antrag — Schriftstück 36 (Österreich) 3 — angenommen und für die Revision der beiden Dokumente eine Arbeitsgruppe eingesetzt. Herr Dr. CLARK (Vereinigtes Königreich) hat den Vorsitz übernommen, Mitglieder sind Deutschland, Frankreich, Italien, Schweden und Schweiz. Dank der Ergebnisse der Madrider Diskussion ist anzunehmen, daß die erstgenannten Prüfvorschriften nach Beratung in dieser Arbeitsgruppe bereits unter Anwendung der Sechsmonatsregel zur Verteilung gelangen werden. Die zweitgenannten Dimensionsnormen sind jedoch, wie sich in Madrid gezeigt hat, für eine so rasche Erledigung noch nicht ausgereift und werden voraussichtlich bei der nächsten Tagung des T.C. 36, welche in der Schweiz stattfinden dürfte, nochmals vorgelegt werden.

DK 656.25 : 389.64 (100)

### IEC-Publikation Nr. 50 (31): Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch, Gruppe 31 „Signale und Sicherheitsvorschriften der Eisenbahn“.

Im Juli 1959 erschien in Genf im Zentralbüro der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) als gesondertes Heft die zwölfte von insgesamt 24 Gruppen der 2. Auflage des Internationalen Wörterbuches.

Das neue Heft bringt in fünf Abteilungen 144 Begriffe aus dem Gebiet der elektrisch betriebenen Signal- und Sicherheitseinrichtungen der Eisenbahn.

Die Gestaltung der Hefte ist nun schon bekannt: systematische Gliederung der Begriffe, Benennungen und Definitionen in englischer und französischer Sprache, Zusammenfassung der Benennungen in den Sprachen Deutsch, Italienisch, Spanisch, Holländisch, Polnisch und Schwedisch in einer besonderen Spalte am rechten Blattrand. Gesonderte alphabetische Verzeichnisse der Fachausdrücke in jeder der genannten acht Sprachen ermöglichen die rasche Auffindung einer bekannten Benennung.

Die genannten fünf Abteilungen behandeln folgende Teilgebiete:

- 31-05 Allgemeine Benennungen (84 Begriffe),
- 31-10 Verschlusseinrichtungen und Stellwerke (38 Begriffe),
- 31-15 Streckenblock (16 Begriffe),
- 31-20 Vershuststellwerke (2 Begriffe),
- 31-25 Verschiedene Einrichtungen (4 Begriffe).

<sup>1)</sup> E und M 73. Jg. (1955), S. 20/21.

<sup>2)</sup> E und M 74. Jg. (1956), S. 548.



Die Benennungen und Definitionen wurden auf Grund eines Entwurfes der Union Internationale des Chemins de Fer und des Französischen Elektrotechnischen Komitees von allen nationalen Mitgliedskomitees der IEC erarbeitet. Sie stellen damit eine international anerkannte Nomenklatur dar.

Die deutschen Benennungen wurden in Gemeinschaftsarbeit von den Elektrotechnischen Komitees in Deutschland und Österreich ausgewählt. Die Schweiz konnte an den Arbeiten diesmal nicht teilnehmen. Die Federführung für die deutsche Zusammenarbeit und für die sachliche Stellungnahme zu den englisch-französischen Entwürfen hatte das Bundesministerium für Verkehr und Elektrizitätswirtschaft, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen, übernommen. Die Generaldirektion der ÖBB war vertreten

durch die Herren Hofrat Dipl.-Ing. KASBERGER, Dipl.-Ing. W. HOFMANN, Dipl.-Ing. HERMANN und Dipl.-Ing. MACHACEK von der Abteilung I/10, sowie durch die Herren Min.-Rat Dr. techn. A. KOCI und Zentralinspektor Dr. E. WOLF vom Elektrodienst der ÖBB. Von deutscher Seite arbeitete Herr Min.-Rat Prof. Dr.-Ing. W. SCHMITZ von der Deutschen Bundesbahn mit. (Die Gesamtschriftleitung für den deutschen Teil des IEC-Wörterbuches liegt in den Händen des Herrn Doz. Dr. techn. E. WÜSTER und seines Mitarbeiters Dr. F. LANG.)

Das Heft umfaßt VII + 45 Seiten und kann zum Preise von sfrs. 8,— durch das Sekretariat des ÖEK im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE), Wien I, Eschenbachgasse 9, bezogen werden.

## Buchbesprechung

DK 059 „1960“ : 621.3 (059) (048.1)

**Elektromeister-Kalender 1960.** Von B. GRUBER. Mit zahlreichen Textabbildungen und vielen Tabellen. 416 S. München: R. Pflaum-Verlag. 1959. DM 2,85.

Der fachliche Teil der vorliegenden Ausgabe 1960 des Elektromeister-Kalenders stimmt im Aufbau mit der vorjährigen Auflage überein<sup>1)</sup>. Es sind aber verschiedene kleinere Änderungen zu verzeichnen, die auch eine geringe Erweiterung des Umfangs mit sich gebracht haben. Vor allem ist die neueste Fassung der VDE-Vorschriften (ins-

besondere VDE 0100/11.58) entsprechend berücksichtigt worden. Auch an einigen anderen Stellen sind sachliche Verbesserungen und Ergänzungen vorgenommen worden. Unter anderem ist ein Absatz über Kalkulation neu hinzugekommen. Am Beginn des Jahrbuches findet man jetzt unter dem Titel „Automation“ den entsprechend umgearbeiteten Abschnitt über Grundlagen der Steuerung und Regelung.

Das mit zahlreichen Abbildungen, Tabellen, Diagrammen usw. ausgestattete Büchlein ist nach wie vor ein sehr praktischer und preiswerter Nachschlagebehelf für alle jene, die mit der Herstellung elektrischer Anlagen befaßt sind.

J. HUBER

<sup>1)</sup> S. E und M 76. Jg. (1959), H. 8, S. 186.

## Eingelange Bücher und Schriften

**DIN-Normen-Verzeichnis für Werkzeugmaschinen.** Aufgestellt vom Fachnormenausschuß „Werkzeugmaschinen“ im Deutschen Normenausschuß (DNA). Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß, Berlin W 15. November 1959. Berlin W 15, Köln und Frankfurt (Main): Beuth-Vertrieb GmbH. 32 S. DIN A 5. Geh. (Abgabe kostenlos).

Das soeben erschienene Verzeichnis enthält alle Fachnormen für Werkzeugmaschinen, außerdem eine Auswahl solcher Normen, deren Anwendung im Werkzeugmaschinenbau vorherrscht. Weiter sind Übersichtsblätter allgemeiner Normen über Gewinde, Passungen, Technische Oberflächen

usw. enthalten; ebenso Normen für Werkzeuge und Spannzeuge und solche, die für die Prüfung und Abnahme von Werkzeugmaschinen benötigt werden.

Inhaltsübersicht: Allgemeine Normen für den gesamten Werkzeugmaschinenbau / Normen für bestimmte Werkzeugmaschinenarten / Normen für Werkzeuge / Normen für Spannzeuge / Normen für Meßzeuge (Lehren usw.) / Stichwortverzeichnis / DIN-Nummern-Verzeichnis.

Normen, von denen Übersetzungen vorliegen, sind am Schluß der Titelangaben durch entsprechende Großbuchstaben gekennzeichnet.

## Mitteilungen

### Vortrag im ÖVE

10. Februar 1960: Vortrag des Herrn Ing. WILHELM SOUKUP (Philips G. m. b. H., Wien) über: „Fernsehen für Industrie, Unterricht und Forschung“. Zeit: 18.00 Uhr c. t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

### Leipziger Frühjahrsmesse 1960

Die bevorstehende Leipziger Frühjahrsmesse findet in der Zeit vom 28. Februar bis 8. März als Technische Messe und als Mustermesse für Gebrauchs- und Verbrauchsgüter auf einer Ausstellungsfläche von 290 000 m<sup>2</sup> statt. Aus rund 50 Ländern werden etwa 9 500 Aussteller erwartet, unter denen sich mehr als 100 Außenhandelsgesellschaften sozialistischer Länder befinden, die ihrerseits viele Hundert oder Tausend Fertigungsbetriebe repräsentieren. Nahezu 100 000 m<sup>2</sup> werden von Unternehmen außerhalb der DDR belegt. Ohne Zweifel wird die Leipziger Frühjahrsmesse 1960 wiederum einen erheblichen Teil der Weltproduktion mustern und

in diesem Zusammenhang Sortimentsvergleiche zwischen Ost und West gestatten, wie sie an keinem anderen Platz möglich sind.

Das umfassende Angebot wird von mehr als 500 000 Einkäufern und anderen Besuchern aus rund 80 Ländern in Augenschein genommen werden. Wie schon in den Vorjahren, so wird sich die Leipziger Messe im Frühjahr 1960 wiederum zum Forum eines allumfassenden technischen Erfahrungsaustausches gestalten, von den Ausmaßen und Erfolgen der kommerziellen Tätigkeit ganz zu schweigen.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. W. Kunz, c/o Studienabteilung der ÖEWAG, Wien I, Am Hof 6.

Ing. E. Hayek, c/o E. Schrack EAG, Wien XII, Pottendorferstraße 25—27.

Prof. Dr.-Ing. J. Ben Uri, Tel Aviv, Israel.

Dipl.-Ing. Dr. techn. L. Ferschl, c/o Siemens-Schuckertwerke Ges. m. b. H., Wien I, Nibelungengasse 15.



# RUSA ZUG MAGNETE

## REGEL — SCHUTZ — STEUER TRANSFORMATOREN

RUSA Arnold, Wien XVIII, Schumanngasse 36, Ruf 33 33 85

### Motorkondensatoren



für Einphasen-Kondensatormotoren  
und für Anschluß von Drehstrom-  
motoren an das Einphasennetz

### Kondensatoren

für Leuchtstoffröhren

### Niederspannungs-Blindstrom- Kondensatoren

Kondensatorenfabrik

Dr. KÖNIG & Co.

Wien VII, Kaiserstraße 46

Tel. 44 63 94

## MINERVA

WISSENSCHAFTLICHE BUCHHANDLUNG

GESELLSCHAFT M. B. H.

### WIEN I

VERKAUFSLOKAL:

**SCHOTTENBASTEI 2**

TELEPHON 63 81 58

EXPEDITION:

**MÖLKERBASTEI 5**

TELEPHON 63 96 14 Δ

## JOSEF BARTH Elektro-Werkstätten

für Motoren, Generatoren, Transformatoren, Apparate

**Einkauf gebrauchter Maschinen  
Großes Lager an Maschinen  
und Transformatoren jeder Größe**

**REPARATUREN / NEUWICKLUNGEN  
UMWICKLUNGEN / LEIHMASCHINEN**

Reinigung von Trafo-Öl an Ort und Stelle

Beistellung von Ersatzmaschinen während der Reparatur!

**WIEN X/75**

Katharinengasse 12

Tel. 64 22 98

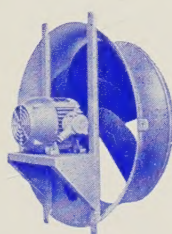
### GALVANISIERUNGSANLAGEN

SCHLEIF-UND POLIERMITTEL  
LOTMITTEL  
ENTROSTUNGS-UND  
ROSTSCHUTZMITTEL  
INDUSTRIE-REINIGER



**GALVAPOL**

WIEN 7, ZIEGLERGASSE 5 · 44 31 30



bis 0,8 m Ø

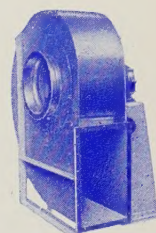
## Marelli AXIAL- und RADIAL- VENTILATOREN für

### INDUSTRIE und GEWERBE

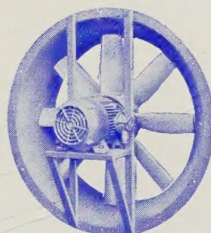
führend seit 1896, durch höchste  
Qualität und leisen Lauf. Fördermen-  
gen bis 100 000 m³/h

Pressungen bis 1 500 mm WS

**Außerdem Tisch-, Fenster- und  
Wandringventilatoren sowie  
Deckenfächer**



bis 1,8 m  
Lauftrad Ø



bis 1,5 m Ø

VERTRETUNG:

**Dr. Wilhelm HEINISCH**

WIEN VII/62 Kircheng. 19

Telephon 44 86 73, 44 66 92,

44 44 43

Fordern Sie uns zur unver-  
bindlichen technischen Bera-  
tung auf.

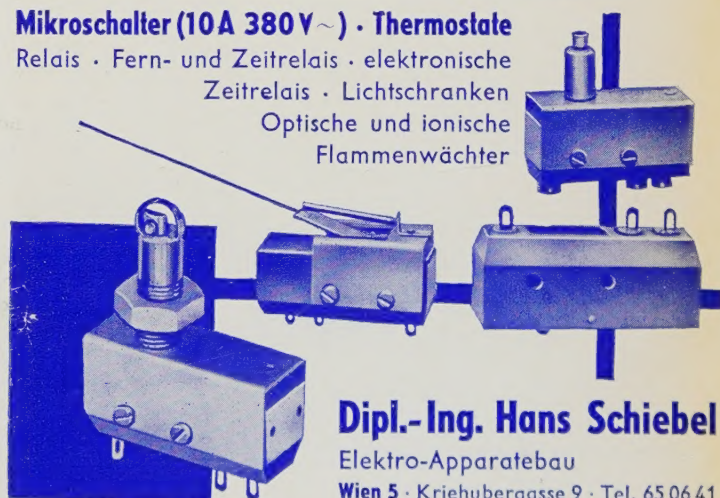
### Mikroschalter (10A 380V ~) · Thermostate

Relais · Fern- und Zeitrelais · elektronische

Zeitrelais · Lichtschranken

Optische und ionische

Flammenwächter



**Dipl.-Ing. Hans Schiebel**

Elektro-Apparatebau

Wien 5 · Kriehubergasse 9 · Tel. 65 06 41





# WIENER KABEL- UND METALLWERKE AG.

erzeugen

**MASSEKABEL bis 60 kV**  
**KUNSTSTOFFKABEL bis 10 kV**

\*

Hochwertige Materialien

Modernste Einrichtungen

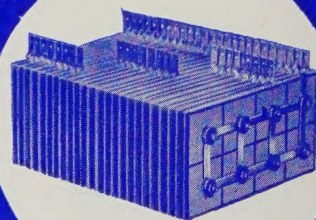
Sorgfältige Fertigung

Erstklassiges Personal

bürgen für die bekannte Güte der WKM-Erzeugnisse



## GLEICHRICHTER



SELENGLEICHRICHTER



SILIZIUMGLEICHRICHTER

## SYSTEME



GERMANIUMGLEICHRICHTER

## ANLAGEN

# SCHRACK